

Supplement zu allen astronomischen Handbüchern für das größere Publikum.

Biographische Mittheilungen über alle Forscher auf dem Gebiete der Astronomie und der verwandten Wissenschaften.



Allgemein verständliches Wörterbuch aller astronomischen und wissenschaftlich verwandten Ausdrücke.

Allgemein verständlich bearbeitet

von

Hermann J. Klein.

Mit 58 Holzschnitten.

Berlin.
Verlag von Theobald Grieben.

Druck von Franz Krüger in Berlin.

Populäre astronomische

Encyclopädie.

Astronomisches Handwörterbuch.

Eine lexikographisch geordnete Erklärung

der in der Himmelskunde und den darauf bezüglichen Theilen der übrigen Naturwissenschaften vorkommenden Begriffe und Ausdrücke

nebst

biographischen Notizen über die hierbei erwähnten Forscher.

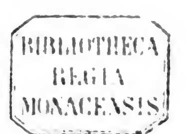
Für Freunde der Himmelskunde

bearbeitet von

Hermann J. Klein.

Mit 58 Holzschnitten.

BERLIN.
Verlag von Theobald Grieben.
1871.



Vorrede.

Sehr häufig komme ich in die Lage, von Freunden der Himmelskunde über einzelne Gegenstände derselben, denen sie theils in meinen eignen astronomischen Schriften, oder in meiner Zeitschrift „Gaea", oder endlich an anderen Stellen begegnet sind, brieflich um Auskunft gefragt zu werden. Dieses und die specielle Aufforderung einiger näheren Bekannten, deren Urtheil ich hochachte, bewog mich, die Ausarbeitung des vorliegenden Buches zu übernehmen. Ich habe die lexikographische Anordnung gewählt, weil ich sie für den in's Auge gefassten Zweck aus guten Gründen als die vortheilhafteste erachte. So viel mir bekannt, existirt in der gesammten Literatur nur ein einziges astronomisches Handwörterbuch, nämlich jenes von Nürnberger, das im Jahre 1846 in Kempten erschien. Dasselbe hat seiner Zeit sehr vielen Beifall gefunden. Wer jedoch dieses etwa 120 Druckbogen umfassende, dickleibige Werk durchliest, wird gestehen, dass es mit einer Breite des Vortrages geschrieben ist, die in sehr vielen Fällen gerade dadurch dem Verständnisse sehr störend entgegentritt. Ausserdem ist heute der Stand der astronomischen und der mit ihnen zunächst in Contact tretenden Wissenschaften ein ganz anderer als damals. Der Versuch einer neuen Darstellung desselben Gegenstandes wird daher, wie ich hoffe, nicht als ein überflüssiger bezeichnet werden. Ich habe bei demselben vorzugsweise solche Leser im Auge, welche entweder mit gar keinen oder doch nur mit beschränkten mathematischen Vorkenntnissen ausgerüstet sind. Nur in einzelnen Fällen habe ich die Bekanntschaft mit den Anfangsgründen der Trigonometrie vor-

ausgesetzt. Anfänglich beabsichtigte ich, am Schlusse des Buches eine Anzahl von Formeln der practischen Astronomie mitzutheilen. Rücksichten auf den Umfang des Werkes und der Wunsch, die Einheit der Darstellung zu wahren, haben mich nachher bestimmt, von diesem Plane abzusehen, dafür habe ich hin und wieder eine Formel in den Text gesetzt. Für Leser, welche mit genügenden mathematischen Vorkenntnissen versehen, sich an der Berechnung astronomischer Probleme selbständig versuchen wollen, empfehle ich das unlängst erschienene Werk „Theoretische Astronomie" von Klinkerfues.

Treu meinem bisherigen Verfahren, habe ich die Allgemeinverständlichkeit nicht in der Breite des Vortrages gesucht, sondern mich bestrebt, allenthalben, wo dies thunlich, möglichst kurz zu bleiben. Die wichtigeren Gegenstände sind mit der ihnen gebührenden Ausführlichkeit behandelt worden, die minder wichtigen nur kurz. Da ich weiss, dass die Freunde der Wissenschaft durchgängig auch gern einiges Nähere über die Lebensverhältnisse derjenigen Forscher zu erfahren wünschen, deren Namen ihnen begegnet, so habe ich gleichzeitig kurze biographische Skizzen derjenigen Astronomen und Naturforscher aufgenommen, welche in dem Buche genannt werden. Einige unwesentliche Druckfehler und Berichtigungen bitte ich mit der Entfernung des Verfassers vom Druckorte und der bewegten Zeit, in welche der Druck des Buches fiel, zu entschuldigen.

Möge das Werk denjenigen Beifall des Publikums finden, dessen sich die früheren Schriften des Verfassers erfreuen durften.

Köln.

Der Verfasser.

Abend bezeichnet sowohl die Zeit wann, als die Gegend wo die Sonne und die Gestirne untergehen. Man bezeichnet diese Richtung oder Weltgegend meist durch Westen. Wenn man sich mit dem Gesichte nach der Richtung wendet, wo die Sonne um Mittage steht, so liegt Westen rechts.

Abenddämmerung, s. Dämmerung.

Abendpunkt oder Westpunkt ist einer der 4 Hauptpunkte des Horizonts und liegt da, wo auf der Abendseite der Aequator (s. diesen) den Horizont schneidet. Zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen geht die Sonne im Abendpunkte unter.

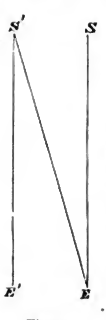
Abendroth oder Abendröthe heisst der herrliche feuerfarbige Glanz, welcher nach Sonnenuntergang häufig einen grossen Theil des westlichen Himmels bedeckt. Am prachtvollsten zeigt sich die Abendröthe bei tief blauem Himmel, wenn nur einzelne Wölkchen in dem Azur des Firmaments schwimmen: man erblickt dann die herrlichsten feuerrothen und purpurfarbenen Nüançen; dagegen nimmt die ganze Erscheinung einen blassern, gelblichen Ton an, wenn die weissliche Farbe der Luft anzeigt, dass die Atmosphäre sehr mit Dünsten beladen ist. Analog der Abendröthe zeigt sich vor Sonnenaufgang die Morgenröthe (s. diese). Beide Erscheinungen haben eine und dieselbe Ursache und zwar muss man diese, wie schon Forbes vermuthete, in dem atmosphärischen Wasserdampfe suchen. Befindet sich dieser letztere im Zustande eines vollkommenen Gases, so ist er durchaus farblos und durchsichtig; in dem Maasse, wie er sich mehr verdichtet, wird er röthlich, bis er im Zustande vollständiger Nebelbläschen durchscheinend, ja ganz undurchsichtig wird. Sorby geht davon aus, dass der Wasserdampf, im Zustande seiner vollkommenen Durchsichtigkeit, mehr rothe Strahlen absorbirt als solche von andern Farben. Solcher Wasserdampf findet sich durchgängig nur in den höchsten Luftschichten, während die tieferen Theile der Atmosphäre blaue Strahlen in grösserer Menge absorbiren und die rothen durchgehen lassen. Beim Auf- und Untergange der Sonne haben ihre Strahlen ungefähr einen Weg von 40 geogr. Meilen in der Atmosphäre zu durchlaufen, in der mittleren Höhe von etwa 5000 Fuss, um eine in dieser Höhe befindliche Wolke zu treffen. Auf diesem langen Wege durch sehr dichte, theilweise mit undurchsichtigen Molekülen angefüllte Luftschichten werden die blauen Strahlen sehr viel stärker absorbirt als die rothen und die Wolke erscheint

daher mehr oder weniger roth. Aber in dem Maasse, als sich die Sonne über den Horizont erhebt, gesellen sich in einer grössern Menge gelbe Strahlen hinzu, so dass die Farbe von Roth in Orange übergeht und schliesslich vollkommen weiss wird. Die verschiedenen Farben können sich gleichzeitig bei Wolken zeigen, die in verschiedener Höhe und Lage sich befinden. Damit aber die angeführten Erscheinungen entstehen können, ist es nothwendig, dass das Sonnenlicht auf seinem Wege zum Beobachter nicht durch dicke, undurchsichtige Wolkenmassen aufgehalten werde. Man darf daher bei einem schönen Sonnenaufgange schliessen, dass auf der Ostseite des Himmels in einer Linie von mehr als 20 Meilen nur wenig Wolken vorhanden sein können und ebenso Abends im Westen. Da in unsern Gegenden die Westwinde vorherrschen und meist trübes Wetter bringen, so kündigen rothe Wolken bei Sonnenaufgang das wahrscheinliche baldige Eintreffen von Regen an, während ein prächtiger Sonnenuntergang mit wenigen Wolken auf der westlichen Seite auf schönes Wetter schliessen lässt.

Abendstern wird der Planet Venus (s. d.) genannt, wenn er auf seiner Bahn um die Sonne an der östlichen Seite derselben erscheint und also nach Sonnenuntergang eine gewisse Zeit hindurch am Abendhimmel im Westen strahlt.

Abendweite eines Gestirns heisst der Bogen des Horizonts, der zwischen dem Punkte, in welchem das Gestirn untergeht, und dem Abendpunkte (Westpunkte) liegt.

Abirrung oder Aberration des Lichtes ist diejenige scheinbare Ortsveränderung der Gestirne, welche aus der Combination der Fortbewegung des Lichtstrahls und der Erde entsteht. Es sei in Figur 1 S die Sonne und E die Erde, welche wir als stillstehend annehmen wollen. In diesem Falle wird ein Auge in S den Lichtstrahl, der sich in gerader Linie bewegt, in seiner wahren Richtung erblicken. Wenn aber die Erde während der Zeitdauer, welche der Lichtstrahl gebraucht, um den Weg S E zu durchlaufen, sich von E nach E' bewegt, so wird dadurch im Auge des Beobachters E ein solcher Eindruck hervorgerufen, als komme der Strahl aus der Richtung S' E. Man kann sich die Sache auch in folgender Weise versinnlichen. Gesetzt, ein Lichtstrahl falle genau durch den Mittelpunkt des Objectivglases eines Fernrohres und gehe in der Richtung der Axe desselben weiter zum Okulare. Wenn das Rohr, während der Strahl durch das Objectivglas dringt, mit sehr grosser Geschwindigkeit parallel mit sich selbst von rechts nach links bewegt wird, so kann der Strahl, da er sich geradlinigt fortpflanzt, offenbar nicht mehr genau in der Axe des Rohres vorangehen, sondern er wird vielmehr nach rechts zurückbleiben oder abweichen. Die Ortsveränderung der Sterne in Folge der Aberration ist in eine Periode von einem Jahre eingeschlossen; innerhalb dieser Zeit durchlaufen die Sterne in der Nähe des Pols der Ekliptik (s. d.) Ellipsen, die nur sehr wenig vom Kreise abweichen. Die grosse Axe



Figur 1.

dieser Ellipsen beträgt stets 40,5 Secunden; die kleine Axe dagegen wird um so kürzer, je näher die Sterne der Ebene der Ekliptik stehen, bis sie endlich für alle Sterne in der Ekliptik selbst Null wird, so dass diese sich also in einer geraden Linie hin und her bewegen, welche eine Länge von 40,5 Secunden besitzt. Da die jährliche Bewegung der Erde in ihrer Bahn um die Sonne die im Vorstehenden besprochene Abirrung des Lichtes hervorruft, so nennt man dieselbe jährliche Aberration im Gegensatze zu der täglichen, welche durch den Umschwung des Erdballs um seine Axe hervorgebracht wird und sehr unbedeutend ist.

Die Ehre der Entdeckung der Aberration gebührt dem grossen englischen Astronomen Bradley, der die Erscheinung in den Jahren 1725, 1726 und 1727 zuerst wahrnahm und auch die richtige Erklärung derselben fand. Aus seinen Beobachtungen folgt nach den neuesten Untersuchungen von Auwers die halbe grosse Axe der Aberrations-Ellipse zu 20,3851 Bogensecunden.

Ablenkung der Lothlinie heisst die Abweichung des frei hängen den Pendels aus der Vertikalen in Folge der Anziehung, welche benachbarte Massen (Berge, sehr dichtes Gestein) auf dasselbe ausüben. Vgl. Anziehung und Gravitation.

Abplattung wird in der Astronomie der Unterschied der Aequatoreal- und Polaraxe der Planeten genannt. Zur Einheit nimmt man dabei die Länge der Aequatorealaxe. So ist z. B. die Abplattung der Erde = $^1/_{289}$, d. h. die Polaraxe ist um diesen Betrag kürzer als der Durchmesser des Aequators. Die Grösse der Abplattung der einzelnen Planeten, so weit sie bis jetzt hat bestimmt werden können, findet sich an den betreffenden Stellen angegeben. Die Abplattung der Weltkörper giebt uns wichtige Fingerzeige über die Art ihrer Entstehung. „Die Gestalt der Erde", bemerkt Humboldt im Kosmos mit Bezug auf die Abplattung, „ist ihre Geschichte." Wenn man eine weiche, kugelförmige Masse, nachdem man einen Stift hindurchgesteckt, um diesen als Axe rasch herumschwingt, was sich mittelst einer Centrifugalmaschine leicht bewerkstelligen lässt, so entfernen sich die einzelnen Theilchen der weichen Masse in dem Maasse mehr von der Axe, als sie von den beiden Polen abstehen. Da dieser Abstand in jedem Punkte der Oberfläche, der gleich weit von den Umdrehungspolen absteht, nämlich in dem sogenannten Aequator, am grössten ist, so wird auch hier die Entfernung von der Axe am grössten werden, es entsteht hier die grösste Anschwellung, kurz, aus einer Kugel wird ein Rotationssphäroid. Die mechanische Ursache dieser Anschwellung ist die durch die Rotation erzeugte Centrifugalkraft (s. d.). Man ersieht aus dieser Darstellung sofort, dass nur flüssige oder mindestens weiche Körper eine Abplattung in Folge der Umdrehung annehmen können, feste Körper nicht. Da nun unsere Erde und verschiedene andere Planeten eine deutliche Abplattung zeigen, so ist hierdurch bewiesen, dass diese Weltkörper ursprünglich in einem weichen, mehr oder weniger flüssigen Zustande waren und erst nach und nach erstarrten.

Absorption des Lichtes heisst die Verschluckung oder Aufnahme desselben durch feste, flüssige oder gasförmige, durchsichtige oder undurchsichtige Körper. Die Astronomie und die ihr nahe verwandten Theile der Wissenschaft interessirt zunächst nur die Absorption des Lichtes bei der Zurückwerfung von den Spiegeln der Reflectoren und beim Durchgange durch die Glaslinsen der Refractoren, ferner beim Durchgange durch die Erdatmosphäre und auf dem Wege durch den Weltraum. In der erstgenannten Beziehung wird hier auf den Artikel Fernrohr verwiesen.

Was die Absorption des Lichtes in der Atmosphäre anbelangt, so lässt sich dieselbe durch einen einfachen Versuch nachweisen, den Saussure angegeben hat. Zwei weisse Scheiben, von denen die eine 6 Fuss, die andere 6 Zoll im Durchmesser hat, werden neben einander gestellt und zwar so, dass sie gleich stark beleuchtet erscheinen. In der Mitte der grossen Scheibe befindet sich ein schwarzer Kreis von 24 Zoll Durchmesser, in der Mitte der kleinen ein solcher von 2 Zoll Durchmesser. Entfernt man sich nun mehr und mehr von diesen Scheiben, so verschwindet zuerst der kleine Kreis und später der grosse. Fände nun keine Lichtabsorption, welche den Contrast zwischen dem schwarzen Kreise und dem weissen Grunde verringert, statt, so müssen offenbar die Entfernungen, in welchen beide Kreise unsichtbar werden, in dem nämlichen Verhältnisse zu einander stehen, wie ihre Durchmesser, d. h. der grosse Kreis müsste erst in zwölfmal grösserer Entfernung verschwinden wie der kleine. Es findet dies aber nicht statt, sondern der grosse Kreis entschwindet früher. Aus Versuchen mit der beschriebenen Vorrichtung, welche Diaphanometer genannt wird, hat sich ergeben, dass ein Lichtstrahl bei seinem senkrechten Durchgange durch die Atmosphäre vom Scheitelpunkte bis zum Boden 0,31 seiner Helligkeit verliert. Man kann übrigens dem beschriebenen Experimente den Einwurf machen, dass bei demselben das frühere Verschwinden des grossen Kreises nicht sowohl in Folge der Absorption, als vielmehr deshalb erfolge, weil sich bei wachsender Entfernung eine immer dickere, erhellte Luftschicht zwischen der Scheibe und dem Beobachter befinde, dadurch aber der schwarze Kreis heller erscheine und sich immer weniger von seiner weissen Umgebung unterscheide.

Einen andern Versuch über die Absorption des Lichtes in der Atmosphäre hat Bouguer angestellt. Er verglich die Helligkeit des Mondlichtes mit derjenigen einer Kerze, als der Mond 66° 11′ und als er 19° 16′ über dem Horizonte stand. In dem letztern Falle fand sich die Helligkeit des Mondlichtes ungefähr um $^1/_3$ geringer als zuvor. Dieser Versuch beweist, dass die Absorption in der Nähe des Horizonts geringer als in grösserer Höhe über demselben ist. Man begreift dies auch leicht, wenn man bedenkt, dass in der Nähe des Horizonts der Lichtstrahl einen weit längern Weg und zum Theil durch dichtere Luftmassen zurückzulegen hat. Eine Folge der starken Lichtabsorption in den tief am Horizont liegenden Luftschichten ist die Thatsache, dass man die auf- oder untergehende Sonne mit blossen Augen be-

trachten kann, während ihr Glanz zu andern Zeiten dem nicht geschützten Auge unerträglich ist. Die genauesten Untersuchungen über die Lichtabsorption in der Atmosphäre hat Seidel mittelst des Steinheil'schen Photometers (s. d.) angestellt. Er findet, dass (bei einem Barometerstande von 0,76^{m}) jeder Strahl bei seinem senkrechten Durchgange vom Scheitelpunkte eines Beobachters bis zur Erdoberfläche 0,206 von seiner Helligkeit einbüsst. Der Glanz der Sonne findet sich für den Augenblick des Aufganges oder Unterganges kaum zu $^1/_{30}$ von demjenigen, welchen sie im Scheitelpunkt stehend zeigen würde.

Die Absorption des Lichtes bei seinem Durchgange durch den Weltraum ist zuerst im Jahre 1744 von J. P. Lhoys de Cheseaux und darauf 1823 von Olbers behauptet worden. Beide gingen von der Annahme aus, dass in dem unendlichen Raume eine unendliche Zahl von Fixsternen, d. h. leuchtenden Sonnen angenommen werden müsse. Da man sich aber dann keinen Punkt des Himmelsgewölbes denken könne, den nicht ein solcher Fixstern für unsern Anblick einnehme, so müsste das ganze Himmelsgewölbe in einem der Sonne gleichen Glanze leuchten. Da dies nun offenbar durchaus nicht der Fall ist, so müsse man annehmen, dass das Licht der Himmelskörper auf seinem Wege durch den Weltraum neben seiner Abnahme im quadratischen Verhältnisse der Distanz noch eine besondere Schwächung durch Absorption erleide. Diese Argumentation wäre vollkommen richtig, wenn bewiesen werden könnte, dass in der That eine unendliche Menge von Fixsternen existire. Unser Denkvermögen zwingt uns anzunehmen, dass der Raum nach allen Richtungen hin völlig unbegrenzt, unendlich ist, aber nichts zwingt zu der Annahme, dass den unendlichen Raum auch eine unendliche Zahl von Fixsternen erfüllt. Nichts desto weniger muss dennoch eine Absorption des Lichtes in den Himmelsräumen angenommen werden und ihre Existenz ist auf folgende Weise nachgewiesen worden.

F. W. Struve untersuchte an der Hand der Zählungen W. Herschel's (der sogenannten Sternaichungen) und der besten Sternkataloge die Anzahl der Fixsterne der verschiedenen Helligkeits- oder Grössenklassen, welche am Himmelsgewölbe sichtbar sind. Unter der Voraussetzung, dass alle Fixsterne in Wirklichkeit fast gleich weit von einander abstehen (eine Annahme, die durchaus keine unberechtigte ist), fand er dann, dass diejenigen Sterne, welche das blosse Auge eben noch erblickt, 7,7 mal so weit von uns entfernt sind als im Mittel die Sterne 1. Grösse, oder wie man zu sagen pflegt, in einer Distanz von 7,7 Sternweiten stehen. Anderseits ging W. Herschel bei seinen Untersuchungen von dem Prinzip aus, dass im Durchschnitt die Helligkeit aller Fixsterne die gleiche sei, eine Annahme, die, wenn es sich um sehr grosse Mengen von Sternen handelt, gewiss auch berechtigt ist. Der Unterschied in der Helligkeit der Fixsterne wird unter dieser Voraussetzung blos durch ihre grössere Entfernung von uns bedingt und umgekehrt kann man also auch aus der Helligkeit auf die Entfernung schliessen. Das blosse Auge vermag durchschnittlich die Sterne der 6. Grössenklasse noch wahrzunehmen und Herschel

fand, dass sich das Licht derselben zu demjenigen der Sterne 1. Grösse im Durchschnitt wie 1:144 verhält. Da nun das Licht im Verhältniss des Quadrats der wachsenden Entfernung abnimmt, also in 2facher, 3facher, 4facher Distanz 4mal, 9mal, 16mal schwächer ist, so folgt, dass die Sterne 6. Grösse durchschnittlich in 12mal grösserem Abstande stehen müssen als diejenigen 1. Grösse, da sie 12 × 12 oder 144mal schwächer als diese leuchten. Das blosse Auge dringt also bis auf 12 Sternweiten in den Raum ein, sofern man blos die Helligkeit der Sterne berücksichtigt. Von ihrer Anzahl ausgehend, fand aber, wie oben bemerkt worden, Struve, dass die Sehkraft des blossen Auges sich nur auf 7,7 Sternweiten erstreckt. Die Fixsterne verschwinden also früher als es der Fall sein müsste, wenn ihr Licht blos im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung abnähme; dasselbe erleidet also eine Schwächung oder Absorption im Weltraume. Struve hat auch versucht, die Grösse dieser Absorption zu berechnen und findet, dass die Sterne 1. Grösse kaum 1 Procent, diejenigen der 6. Grösse 8 Procent, diejenigen der 9. Grösse 30 Procent und die entferntesten noch von Herschel gesehenen Fixsterne volle 88 Procent Licht in Folge der Absorption im Weltraume verlieren. Die Ursache dieser Absorption kann nur ein höchst feines, die Himmelsräume erfüllendes Medium sein, das vielleicht übereinstimmt mit demjenigen, welches in unserm Planetensystem die Bahn des Encke'schen Kometen (s. d.) fortwährend verengt.

Abstand vom Scheitel, siehe Zenithabstand.

Abstand der Nachtgleiche vom Mittage heisst der Bogen des Aequators, um welchen im Augenblicke des wahren Mittags der Frühlingspunkt (s. d.) östlich vom Meridiane entfernt steht. Dieser Abstand kommt vorzugsweise bei nautischen Rechnungen in Anwendung.

Absteigung, gerade, eines Gestirns ist der Bogen des Aequators zwischen dem Frühlingspunkte (s. d.) und dem Abweichungskreise (s. d.), der durch das Gestirn geht. Gerade Absteigung und gerade Aufsteigung (s. d.) sind ganz dasselbe.

Absteigung, schiefe, ist der Bogen des Aequators zwischen dem Frühlingspunkte und dem mit einem Gestirne gleichzeitig untergehenden Punkte des Aequators.

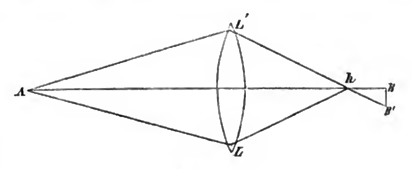
Abul Mansur, arabischer Astronom, mit dem Beinamen „Muneddjem" (d. h. Astronom), um 855 geboren, war unter der Regierung des Khalifen al Mamun als Vorsteher der Sternwarten zu Bagdad und Damascus thätig. Sein Todesjahr kennt man nicht.

Abulwefa, Mohamed ebn Achmed, arabischer Astronom in Khorassan, lebte um 959 und soll nach Sedillot die Variation des Mondes entdeckt haben, während Biot dies bestreitet.

Abweichung oder Deklination eines Gestirns ist der Abstand desselben vom Aequator, ausgedrückt in Bogen eines durch die beiden Pole gehenden Kreises. Wenn das Gestirn zwischen dem Aequator und dem Nordpole des Himmels steht, so ist seine Abweichung nördlich und wird durch ein vorgesetztes + bezeichnet; steht es zwischen dem Aequator und dem Südpole des Himmels, so ist sie südlich und

wird durch — bezeichnet. Die Abweichung wird vom Aequator, wo sie Null ist, beiderseits gegen die Pole hin gezählt und beträgt für diese 90^{0}. In der astronomischen Zeichensprache wird sie einfach durch D bezeichnet. Die Abweichung eines Gestirnes wird durch Beobachtung im Meridiane (s. d.) bestimmt. Kennt man die Polhöhe P des Beobachtungsortes, so ergiebt sich die Abweichung D irgend eines Gestirnes, dessen Höhe H südlich im Meridiane man beobachtet hat, durch die einfache Formel: $D = P + H - 90^{0}$. Ist $P + H$ kleiner als 90^{0}, so ist die Abweichung südlich (—). Die Abweichung bestimmt zusammen mit der geraden Aufsteigung (s. d.) den Ort der Gestirne am Himmel. Die Verzeichnisse der Fixsterne sind alle nach gerader Aufsteigung und Abweichung der betreffenden Gestirne geordnet. Instrumente zur genauen Messung der geraden Aufsteigung und Abweichung sind die wesentlichsten Requisite einer jeden Sternwarte.

Abweichung, optische. Man bezeichnet hiermit zwei Unvollkommenheiten unserer optischen Instrumente, welche die ganz genaue Vereinigung der von dem betrachteten Gegenstande ausgegangenen Strahlen in einem einzigen Punkte, dem Brennpunkte, verhindern. Die erste dieser beiden Unvollkommenheiten heisst die sphärische Abweichung, die andere die chromatische. Um die sphärische Abweichung zu verdeutlichen, sei LL' Figur 2 der Durchschnitt einer Glaslinse, und A ein leuchtender Punkt, der seine Strahlen durch dieselbe sendet. Die sehr nahe der Axe einfallenden Strahlen vereinigen sich nun in dem Punkte B, während die nahe an dem Rande der Linse hindurchgehenden, wie AL, AL', sich in einem der Linse näher gelegenen Punkte h schneiden. Es entsteht daher in B keineswegs ein Lichtpunkt, sondern vielmehr ein heller Kreis, dessen Halbmesser BB' ist. Durch Verbindung mehrerer Linsengläser, deren Krümmungen richtig berechnet sind, lässt sich, wie Sir John Herschel genau nachgewiesen hat, die sphärische Abweichung gänzlich aufheben. Die chromatische Abweichung hat ihren Grund in der ungleichen Brechbarkeit der verschiedenfarbigen Strahlen, welche das weisse Licht zusammensetzen. Das grösste Brechungsvermögen besitzen die violetten Strahlen, das geringste die rothen. Sendet nun ein weisser Punkt sein Licht durch eine Glaslinse, so vereinigen sich diese Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Linse keineswegs wieder ebenfalls in einem Punkte, sondern es kommen die violetten Strahlen zuerst in einem Punkte zusammen, darauf die blauen, die grünen, die gelben und zuletzt die rothen, so dass statt des weissen Punktes ein farbenumsäumter Kreis entsteht, dessen Grösse durch die Grösse der Oeffnung



Figur 2.

der Linse bedingt wird. Je kleiner diese im Vergleiche zur Brennweite ist, um so geringer und unbedeutender sind die Farbensäume, welche das durch die Linse erzeugte Bild umschliessen. Durch passende Zusammensetzung von Linsen, welche aus Glasarten von ungleicher Farbenzerstreuung bestehen, kann die chromatische Abweichung bis zur völligen Unmerklichkeit aufgehoben werden.

Abweichungskreis heisst derjenige, durch beide Weltpole gehende, senkrecht auf dem Himmelsaequator stehende, grösste Kreis, auf welchem die Abweichung oder Deklination eines Gestirns gemessen wird, daher auch Deklinationskreis.

Achromatisch oder farbenfrei heissen alle diejenigen optischen Instrumente, bei welchen durch passende Anwendung verschiedener Glasarten von ungleicher Farbenzerstreuung der weisse Lichtstrahl nach seiner Brechung nicht in seine einzelnen Farben zerlegt wird. Näheres hierüber siehe in den Artikeln Fernrohr und Linse, achromatische.

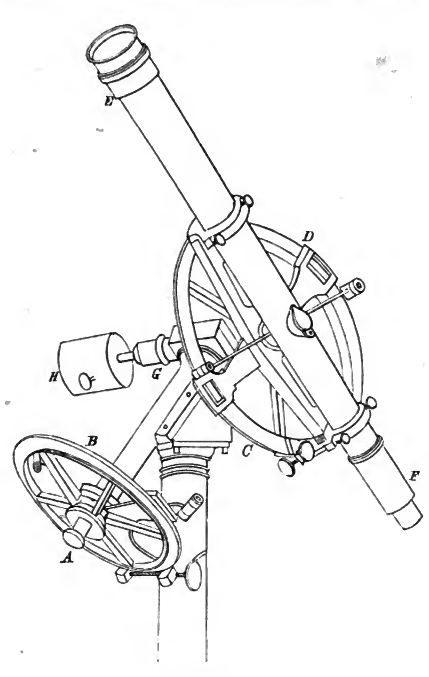
Adams, John Cough, berühmter astronomischer Rechner, geboren am 5. Juni 1819 in der Nähe von Launceston in Cornwall. Seine ersten Arbeiten bezogen sich auf die Unregelmässigkeiten in der Bewegung des Planeten Uranus, aus denen er auf einen jenseits des letzteren stehenden Planeten schloss, die Elemente desselben berechnete und seinen Ort am Himmel anzeigte. Seine Rechnungen legte er im September und Oktober Challis und Airy vor, die denselben jedoch wenig Gewicht beimaassen. Erst als im Jahre 1846 Leverrier in Paris eine analoge Rechnung veröffentlichte und der Planet (Neptun) wirklich gefunden wurde, zogen Challis und Airy die Untersuchungen Adams' wieder hervor und es ergab sich, dass diese eine vielfach genauere Lösung des Problems enthielten, als Leverrier geliefert.

Adhémar, Joseph Alphonse, geboren im Februar 1797 zu Paris, wo er als Privatlehrer der Mathematik lebte, machte seinen Namen bekannt durch seine Schrift über die Ursache der Eiszeiten, welche letztere er durch astronomische Verhältnisse bedingt glaubte. Diese Ansicht ist übrigens bald als unrichtig nachgewiesen worden.

Aequator ist derjenige Kreis, der überall 90° von den Polen absteht. Er theilt die Kugel in zwei gleiche Hälften, daher der Name Aequator oder Gleicher. Alle durch die Pole gehende grösste Kreise stehen senkrecht auf ihm. Der Himmelsaequator ist derjenige gedachte Kreis, welcher gleich weit von den beiden Himmelspolen abstehend, den Himmel umschliesst. Seine beiden, 90° vom Meridiane entfernten Durchschnittspunkte mit dem Horizonte heissen Morgen- und Abendpunkt, Ost und West. Die Durchschnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik oder der scheinbaren Sonnenbahn werden Aequinoctialpunkte genannt. Da der Aequator als grösster Kreis von dem Horizonte, der gleichfalls ein grösster Kreis der Sphäre ist, halbirt wird, so befindet er sich stets zur Hälfte über und zur Hälfte unter dem Horizonte. Alle Gestirne im Aequator (und daher auch die Sonne, wenn sie in den Aequinoctialpunkten steht) bleiben daher ebenso lange über als unter dem Horizonte, abgesehen von der Refraction, welche die Dauer der Sichtbarkeit verlängert. Man theilt den Aequator, wie

jeden Kreis, in 360° à 60′ à 60″ und zählt vom Frühlingspunkte an gegen Ost, der Umdrehung des Himmels entgegen. — Der Erdaequator entspricht in seiner Lage auf der Erde genau der Lage des Himmelsaequators. Alle Punkte des Erdaequators haben den Himmelsaequator senkrecht über sich und daher auch zweimal im Jahre die Sonne, wenn dieselbe in einem der Durchschnittspunkte des Himmelsaequators mit der Ekliptik steht. In der Schiffersprache wird der Erdaequator einfach mit dem Ausdrucke „die Linie" bezeichnet.

Aequatoreal heisst dasjenige astronomische Instrument, welches dazu dient, in jeder Lage gleichzeitig die gerade Aufsteigung und die Abweichung eines Gestirnes zu messen. Figur 3 stellt ein solches Instrument in seiner einfachsten Gestalt vor. Die Axe AG besitzt genau die Richtung der Weltaxe, sodass der senkrecht zu ihr stehende Kreis AB dem Himmelsaequator parallel ist. Der Kreis DC ist der Axe AG parallel, seine Ebene steht demnach senkrecht auf der Ebene des Kreises AB und sie entspricht in ihrer Verlängerung am Himmel immer einem Deklinationskreise. EF ist das Fernrohr des Instruments und H ein Gegengewicht. Auf dem Kreise AB werden die geraden Aufsteigungen und auf dem Kreise CD die Deklinationen der Gestirne abgelesen. Sollen indess diese Bestimmungen genau sein, so muss das Instrument vorher mit der grössten Sorgfalt in allen seinen Theilen



Figur 3.

geprüft worden sein. Meist gebraucht man das Aequatoreal, um sogenannte Differential-Ortsbestimmungen am Himmel zu machen. Wenn man nämlich den Ort eines Gestirnes mittels desselben bestimmen will, so stellt man das Instrument zuerst scharf auf einen in der Nähe befindlichen Stern ein, dessen genauen Ort man bereits kennt, und liest in dieser Stellung den Stand der Nonien auf den Kreisen ab. Dann dreht man es weiter, bis der zu bestimmende Stern scharf eingestellt ist, und liest wieder die Angaben der Kreise ab. Die Differenz der beiden Resultate ergiebt nun den Unterschied der Lage des zu bestimmenden Gestirns gegen das bereits bestimmte in gerader Aufsteigung und Abweichung. Diese Differenz ist aber offenbar frei von den Fehlern, welche dadurch entstehen, dass der Nullpunkt des Kreises AB (des Stundenkreises) nicht ganz genau die Richtung zum Frühlingspunkte besitzt und der Deklinationskreis CD mit seinem Nullpunkte nicht genau auf den Aequator hinweist. Die grösseren Aequatoreale werden durch besondere Uhrwerke, der täglichen Drehung des Himmelsgewölbes entsprechend, um die Axe AG gedreht. Ein Stern, der bei einem solchen Instrumente also einmal im Gesichtsfelde des Fernrohres ist, bleibt trotz seiner täglichen Bewegung unverrückt in demselben stehen. Ausser zu Ortsbestimmungen dient das Aequatoreal auch dazu, Kometen, Planeten, Doppelsterne, Nebelflecke u. s. w. zu jeder Zeit am Himmel aufsuchen zu können. Aus diesem Grunde werden die grössten Fernrohre (Refractore) mit Stunden- und Deklinationskreisen versehen und als Aequatoreale aufgestellt oder „montirt." Ein Aequatoreal, dessen Fernrohr 14 Zoll Objectivdurchmesser und 21 Fuss Brennweite, einen von Secunde zu Secunde in Zeit getheilten Stundenkreis von 17 Zoll Durchmesser, sowie einen Deklinationskreis von 24 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden in Bogen getheilt, besitzt, kostet 40,000 Gulden.

Aequatorhöhe ist die Winkelhöhe über dem Horizonte, in welcher der Aequator den Meridian durchschneidet. Die Aequatorhöhe eines Ortes ist gleich 90° weniger der Polhöhe desselben; sie ist ferner gleich dem Abstande des Poles vom Scheitelpunkte.

Aequinoctialkreis wird bisweilen der Aequator genannt.

Aequinoctialpunkte heissen die beiden um 180° von einander abstehenden Durchschnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik. Sie führen diesen Namen daher, weil dann, wenn die Sonne in ihnen steht, für die ganze Erde Tag und Nacht gleich lang sind. Derjenige Punkt, in welchem die Sonne am 21. März steht, heisst der Frühlings-Nachtgleichenpunkt, oder kürzer der Frühlingspunkt, während der entgegengesetzte, in den die Sonne am 23. September tritt, der Herbstpunkt genannt wird.

Aether wird in der Astronomie das feine, elastische Fluidum genannt, von dem man annimmt, dass es die Himmelsräume erfüllt. Beweise für die Existenz desselben haben ergeben: die Absorption (s. d.) des Lichtes der Fixsterne und die fortwährende Verkürzung der Umlaufszeit des Encke'schen Kometen (s. d.). Ueber die Natur dieses Aethers, den man auch als hemmendes Fluidum oder wider-

stehendes Mittel bezeichnet, weiss man gegenwärtig absolut nichts; dagegen ist die Wirkungsweise, welche er auf die in demselben ihre Bahnen beschreibenden Weltkörper ausübt, mathematisch untersucht und festgestellt worden. Hiernach werden durch die Wirkungen des Aethers sowohl die halben grossen Axen, als auch die Excentricitäten der Planetenbahnen immer kleiner, die Bahn wird immer mehr kreisförmig und die Umlaufszeit kürzer. Die Lage der grossen Axe, die Neigung und die Länge der Knoten bleiben dagegen unbeeinflusst. Bei den Planeten hat sich, wahrscheinlich in Folge ihrer bedeutenden Massen und der enorm geringen Dichte des Aethers, eine Bahnverengung seit den ältesten Beobachtungen bis heute noch nicht gezeigt, wohl aber bei einem Kometen, dem bereits angeführten Encke'schen. So gering aber auch der Widerstand des Aethers den Planeten gegenüber gedacht werden muss, und so langer Zeiträume es auch bedarf, bis er irgend bemerklich wird, so muss in Folge desselben nichts desto weniger, wenn auch erst im Laufe ungezählter Jahrmyriaden, jeder einzelne Planet auf die Sonne stürzen.

Aethrioscop ist ein von John Leslie erfundenes Instrument, um die Wirkung der von höheren Regionen herniedergesandten Kälte anzuzeigen. Dasselbe besteht aus zwei Glaskugeln, die durch eine gläserne Röhre mit einander verbunden sind, welche so enge ist, dass eine kleine Flüssigkeitssäule in derselben durch ihre eigene Adhäsion getragen wird. Die untere Kugel ist von einer metallischen Umhüllung umgeben und nimmt die Lufttemperatur an; die obere Kugel aber hat eine Art von trichterförmigem Kragen, wodurch sie gegen die Erdausstrahlung geschützt ist. Dieses Instrument ist ungemein empfindlich, allein seine Angaben weichen häufig sehr von einander ab, wenn der Himmel auch jedesmal gleich wolkenlos und heiter erscheint. Der Umstand ist, wie schon Leslie selbst erkannt zu haben scheint, einfach der verschiedenen Menge von unsichtbarem Wasserdampfe zuzuschreiben, welcher zu den betreffenden Zeiten gerade in der Atmosphäre sich befindet. Das Leslie'sche Instrument ist daher gewissermassen ein höchst feines Hygrometer.

Airy, George Biddell, einer der ersten Astronomen der Gegenwart, Director der Sternwarte Greenwich, geboren am 27. Juli 1801 zu Alnwick in Northumberland, war Anfangs Professor und Director der Sternwarte zu Cambridge, wurde dann nach Pond's Tode zum Director des Observatoriums in Greenwich und zum Royal Astronomer ernannt, welche Stelle er noch bekleidet. Airy's astronomische Untersuchungen erstrecken sich über die verschiedenartigsten Gegenstände der Himmelskunde; vorzugsweise betreffen sie aber Fragen, welche mit der Mechanik des Himmels in Zusammenhang stehen. Er entdeckte u. a. eine bisher unbeachtet gebliebene Ungleichheit von langer Periode in den Bewegungen der Venus und Erde (1831), lieferte einen neuen, genaueren Werth für die mittlere Dichtigkeit der Erde u. s. w.

Akronyktisch hiess bei den Alten der Auf- oder Untergang der Fixsterne bei oder kurz nach Sonnenuntergang. Er stand dem kosmischen Auf- oder Untergange beim Sonnenaufgange gegenüber.

Albategnius, Statthalter des Khalifen in Syrien, der berühmteste unter den arabischen Astronomen, war geboren um die Mitte des 9. Jahrhunderts und starb gegen 930. Er entdeckte die Bewegung des Apogäums der scheinbaren Sonnenbahn.

d'Alembert, Jean le Rond, ein Findelkind, dessen Eltern, wie sich später ergab, De la Touche und Frau von Tensin waren, einer der grössten Gelehrten und edelsten Menschen aller Zeiten, geboren am 16. November 1717 zu Paris, gestorben am 29. October 1783 ebendaselbst. Er nahm die Untersuchungen über die Consequenzen des Newton'schen Gravitationsgesetzes da auf, wo sie dieser grosse Mathematiker stehen liess. Kaum 24 Jahre alt, wurde er in Folge zweier Abhandlungen in die französische Akademie aufgenommen, deren beständiger Secretär er später war. Seine mathematischen Untersuchungen über die Planetenstörungen, das Vorrücken der Nachtgleichen, die Nutation der Erdaxe, über die Knotenbewegung des Satelliten u. s. w., haben als Ausgangspunkte für die Arbeiten seiner Nachfolger gedient. Mit Diderot gab er die berühmte „Encyklopädie" in 33 Bänden heraus, für welche er die mathematischen und philosophischen Artikel verfasste. Friedrich der Grosse schätzte ihn ungemein hoch und stellte ihm ein Jahrgehalt aus.

Alfons X. oder der Weise, König von Leon und Castilien, geboren 1221, folgte seinem Vater Ferdinand III. 1252 auf dem Throne. Er war der gelehrteste Fürst seiner Zeit, ein eifriger Beförderer der Astronomie und liess unter der Leitung von Isaac Aben Said verbesserte Planetentafeln ausarbeiten. Von seinem eignen Sohne Sancho der Krone beraubt, starb er am 24. April 1284 zu Sevilla.

Alhazen, berühmter arabischer Astronom am Hofe des Khalifen Hakem Bi-Amrillah, lebte um das Jahr 1000.

Alhidade nennt man bei den Winkelmessinstrumenten das um den Mittelpunkt des Kreises der die Winkeleintheilung trägt, bewegliche Lineal, längs dessen man nach dem Gegenstande visirt. Bei den Repetitionskreisen nennt man den inneren Kreis A. Das Wort stammt aus dem Arabischen und bedeutet nach Montcula „Zähler."

Almamum, Sohn Harun al Radschid's, geb. 786 zu Bagdad, gestorben 833 zu Tarsus, einer der eifrigsten Beförderer der Astronomie, liess 827 in der Wüste Sindjar einen Meridianbogen von 2° mit Stäben abmessen, doch ist das Resultat dieser Messung, weil die Grösse der Längeneinheit nicht mehr bekannt, für uns verloren.

Almucantharat heisst jeder dem Horizont parallele Kreis. Gestirne, die in dem nämlichen A. liegen, haben gleiche Höhe. A. bedeutet also Höhenkreis. Das Wort stammt aus dem Arabischen.

Alpetragius, arabischer Astronom, lebte um die Mitte des 12. Jahrhunderts zu Marocco und schrieb über die Bewegung der Himmelskörper.

Amici, Giovanni Battiste, geboren am 25. März 1786 zu Modena, erst Professor der Mathematik an der dortigen Universität, dann Director der Sternwarte zu Florenz. Er machte sich um die Optik und Astro-

nomie hoch verdient; durch Erfindung neuer und verbesserter Instrumente. Gest. zu Florenz am 10. April 1863.

Anaxagoras, geboren gegen 500 v. Chr. zu Klazomenae (daher der Klazomenier genannt), gestorben gegen 428 v. Chr. zu Lampsacus, wohin er gegangen war, da man ihn in Athen der Gotteslästerung bezichtigte, weil er die Sonnen- und Mondfinsternisse als natürliche Erscheinungen erklärte. Er ist der Stifter einer eignen philosophischen Schule und hatte sehr richtige Ansichten über den Bau des Weltalls.

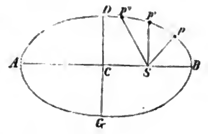
Anaximander, geboren 610 v. Chr. zu Milet, gestorben 546 v. Chr., war ein Schüler des Thales und maass als der erste Grieche die Schiefe der Ekliptik mittels des Gnomon.

Angström, Anders Jöns, geboren am 13. August 1814 zu Medelpad, wurde Observator an der Sternwarte Upsala und machte sich durch höchst genaue und umfassende Darstellungen der dunklen Linien des Sonnenspectrums sehr verdient.

Anianus, ein im 15. Jahrhundert lebender Astronom, theilte zuerst in seinem astronomischen Gedichte Computatus manualis, 1488, die bekannten Verse mit: Sunt Aries, Taurus, Gemini etc.

Anomalie, ein griechisches Wort, bedeutet ursprünglich so viel wie Abweichung von der Regel; in der Astronomie bezeichnet man jedoch damit den Winkel, welchen der Radius vector eines Planeten in einem gegebenen Augenblicke mit der Apsidenlinie der Bahn macht. Man zählt die Anomalie, wenn nicht ausdrücklich anders bemerkt wird, stets von dem Punkte der Sonnennähe an rings herum bis zu 360°. Im Punkte der Sonnennähe ist daher die Anomalie eines Planeten = 0°, im Punkte der Sonnenferne = 180°.

Wenn sich ein Planet mit gleichförmiger Geschwindigkeit um die Sonne bewegte, so liesse sich leicht aus der Dauer seines Umlaufs und dem Augenblicke, in welchem er die Sonnennähe erreichte, für jeden gegebenen Moment seine Anomalie berechnen. Denkt man sich beispielsweise, dass ein solcher Planet in 240 Tagen einen vollständigen Umlauf um die Sonne mache und vor 20 Tagen in dem Punkte seiner Sonnennähe gestanden habe, so ergiebt sich seine gegenwärtige Anomalie sehr leicht durch folgende Betrachtung. In 240 Tagen durchläuft der Planet 360°, in 1 Tage also $1\frac{1}{2}$° und in 20 Tagen 30°; letzteres ist also seine Anomalie für die gegebene Zeit. In Wirklichkeit bewegen sich die Planeten aber ungleichförmig, so dass ihre wahre Anomalie keineswegs immer mit der unter Annahme gleichförmiger Geschwindigkeit berechneten mittleren Anomalie übereinstimmt. Der Unterschied zwischen der wahren und mittleren Anomalie heisst Gleichung des Mittelpunktes. Nach dem ersten der drei von Kepler entdeckten Gesetze geschieht die Bewegung des Planeten in ihren Bahnen so, dass der Radius vector in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt. Es sei nun Figur 4 AD BG eine elliptische Planeten-

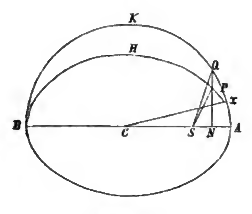


Figur 4.

bahn, in deren einem Brennpunkte die Sonne S steht; B ist dann der Punkt der Sonnennähe, A der Sonnenferne. Wenn der Planet p sich gleichförmig bewegte, so würde er von S aus gesehen in einer kreisförmigen Bahn den Winkel BSp am Himmel in derselben Zeit durchlaufen wie den Winkel pSp'', da beide Winkel gleich gross sind. Nach dem genannten Kepler'schen Gesetze müssen aber bei der wahren elliptischen Bewegung nicht die Winkel, sondern die Flächen BSp und pSp'' der Zeit proportional sein. Man sieht aus der Figur schon sofort, dass die Fläche pSp'' grösser als die Fläche BSp ist, daher der Planet auch mehr Zeit gebrauchen wird, den Bogen pp'' seiner Bahn zu beschreiben als den Bogen Bp. Da aber die Fläche pSp' der Fläche oder dem Sector BSp an Grösse gleich ist, so legt der Planet das Stück pp' seiner Bahn in der nämlichen Zeit zurück wie das Stück pB, seine Bewegung wird also langsamer, und zwar, wie man leicht sieht, immer langsamer, je grösser die Entfernungen Sp, Sp', Sp'' von der Sonne (oder die Radien vectoren) werden, da hierdurch die Sectoren immer mehr an Länge gewinnen und daher bei geringerer Breite dennoch denselben Flächeninhalt besitzen wie der breitere, aber dafür kürzere Sector BSp. Die grösste Entfernung findet statt, wenn der Planet A erreicht; hier besitzt er also auch die geringste Geschwindigkeit und diese nimmt wieder zu, indem er sich nach G und B bewegt. In den Punkten D und G ist die Geschwindigkeit des Planeten etwa seiner mittleren gleich, oder derjenigen, welche er besitzen würde, wenn er in der nämlichen Zeit, wie vorher, aber mit gleichmässiger Schnelligkeit seine Bahn durchliefe. In den Theilen BD und GB seiner Bahn ist also die wahre Geschwindigkeit des Planeten grösser als seine mittlere, in der Hälfte DAG hingegen kleiner. Betrachten wir nun die wahre Bewegung im Vergleiche zur mittleren Bewegung des Planeten in den einzelnen Theilen seiner Bahn. Von B nach D gehend, läuft der Planet mit einer grösseren als seiner mittleren Bewegung; die Mittelpunktsgleichung ist positiv und zunehmend, weil die auf dieser ganzen Strecke stattfindende wahre Bewegung immer grösser bleibt als die mittlere. Bei D hört diese Zunahme der Mittelpunktsgleichung auf, denn hier ist die wahre Bewegung so gross wie die mittlere; der Unterschied zwischen dem wahren und mittleren Orte ist hier ein Maximum. Ueber D hinausgehend ist die wahre Geschwindigkeit des Planeten kleiner als die mittlere, der Vorsprung des wahren Planeten vor dem mittleren wird daher immer kleiner und kleiner, bis er in A Null wird und also auch die Mittelpunktsgleichung hier Null ist. Ueber A hinaus ist die mittlere Bewegung grösser als die wahre, die Gleichung des Mittelpunktes ist also negativ und zunehmend bis G, wo wahre und mittlere Bewegung gleich gross werden. Der Planet befindet sich hier im Maximum seines Zurückbleiben hinter dem mittleren Orte. Von G nach B wächst die wahre Bewegung wieder, die zurückgebliebene Strecke wird wieder beigeholt und gleichzeitig trifft der wahre Planet mit dem gedachten mittleren in B ein. Die Entfernung des Planeten von der Sonne, in welcher seines Mittelpunktsgleichung ihren grössten Werth erreicht, ist $= \sqrt{a.b}$, wo a

die halbe grosse und b die halbe kleine Axe der Bahn vorstellen. Die Aufgabe, aus der mittleren Anomalie eines Planeten seine wahre Anomalie zu bestimmen, führt den Namen: das Kepler'sche Problem, weil sie von diesem Astronomen zuerst aufgestellt und auf indirectem Wege auch aufgelöst wurde. Am Schlusse dieses Buches wird die mathematische Auflösung dieser wie vieler anderer Aufgaben aus dem Gebiete der Astronomie mitgetheilt; hier genügte es, nach dem Plane des gegenwärtigen Buches, bloss die Bedingungen des Problems zu erörtern.

Noch ist es nothwendig, der sogenannten excentrischen Anomalie zu gedenken, die bei Auflösung des Kepler'schen Problems eine wichtige Rolle spielt. Es sei BHA Figur 5 eine elliptische Planetenbahn, S die Sonne und BKA ein mit der halben grossen Axe CA als Radius um C beschriebener Kreis. P sei der wahre Ort des Planeten in seiner Bahn, also ∠ PSA die wahre Anomalie, ferner sei ∠ ACx die mittlere Anomalie. Zieht man durch P eine Linie senkrecht zur Axe BA, so trifft diese in Q den Kreis BKA und man nennt nun den Winkel ACQ die excentrische Anomalie.



Figur 5.

Anomalistisch, siehe Jahr.

Anziehung heisst die gegenseitige Wirkung der Körper auf einander, in Folge deren sie sich einander zu nähern, Verbindungen einzugehen und in denselben zu verharren streben. Die Kraft Anziehung auszuüben, die sogenannte Anziehungskraft, ist eine allgemeine Eigenthümlichkeit aller Körper ohne Ausnahme. Auf den Gebieten der Physik, Chemie, Mineralogie u. s. w. begegnet man einer grossen Reihe von Erscheinungen, welche offenbar unter dem Einflusse einer Anziehungskraft zu Stande kommen; die kugelförmige Gestalt der Regentropfen, die Cohäsion, die chemischen Verbindungen, die mannichfaltigen Formen der Krystalle, alle offenbaren das Walten von Anziehung der Materie. Ob aber diese sämmtlichen Erscheinungen bloss unter dem Einflusse der sogenannten Massenanziehung, derjenigen Kraft, welche die Bewegungen der Himmelskörper regiert, stehen, ist zur Zeit noch keineswegs festgestellt. Das Wesen der Anziehungskraft, nach welchem so viele Kurzsichtige vergebens gesucht haben, kennt man nicht und zwar aus dem ganz einfachen Grunde, weil Kraft als solche für unsern Standpunkt transcendent ist. Wir können bloss die Erscheinungsformen, unter welchen sich gewisse Kräfte offenbaren, studiren; das Wesen der Kräfte ist uns verborgen, wie überhaupt das, was man „Wesen der Dinge" nennt. Ueber die Gesetze der Massenanziehung, mit welch' letzterer allein sich die Astronomie beschäftigt, sehe man den Artikel Gravitation. Hier möge das Historische der Entdeckung der Anziehung oder Gravitation (Schwere) Platz finden.

Schon Anaxagoras schrieb den Himmelskörpern Schwere zu, in Folge deren sie auf die Erde herabstürzen würden, wenn die Gewalt des Umschwunges sie nicht daran verhinderte. Die Epicuräer hatten, wie aus einer Stelle bei Lucrez hervorgeht, ebenfalls eine dunkle Idee von einer Anziehungskraft, und indem Lucrez diese letztere zugiebt, folgert er daraus, dass die Welt unendlich sein müsse, denn wäre sie begrenzt, so würden die äussersten Körper nur gegen die innern schwer sein und zum Mittelpunkte herabstürzen. Copernicus schrieb sehr richtig das Bestreben der Körper, sich in Kugelform zu ballen, einer Anziehung zu und glaubte, dass solche auch den Himmelskörpern eigen sei. Der phantasiereiche Kepler glaubte ebenfalls an die Existenz einer allgemeinen Anziehungskraft und sprach es sogar aus, dass Erde und Mond in Folge dieser gegenseitigen Anziehung zusammenstossen müssten, wenn sie nicht zurückgehalten würden. Baco von Verulam und Gilbert nahmen gleichfalls eine allgemeine Attraction an, und Fermat behauptete sogar, dass ein Theilchen zwischen der Oberfläche und dem Mittelpunkte einer Kugel eine geringere Anziehung erleide als an der Oberfläche, indem die Schwere im Innern einer Kugel mit dem Abstande vom Mittelpunkte abnehme. Noch weiter ging Hooke, der Freund und Zeitgenosse Newton's; er nahm an, dass alle Weltkörper sich gegenseitig anziehen und dass diese Attraction in dem Maasse stärker werde, als die betreffenden Körper einander näher stehen. Das Gesetz, nach welchem sich diese Anziehung mit der wachsenden oder abnehmenden Entfernung ändert, fand Hooke indess nicht und überliess so Newton das unvergängliche Verdienst, das wahre, alle Bewegungen der Himmelskörper dominirende Gesetz der Attraction auszusprechen. Das Jahr dieser unsterblichen Entdeckung ist 1666, in welchem Newton vor der Pest aus Cambridge flüchtend, sich auf sein Gut Woolsthorpe zurückzog. Hier soll der grosse Mann durch einen von einem Baume herabfallenden Apfel zum Nachdenken über die Ursache dieses Fallens veranlasst worden sein. Wie es sich mit der Geschichte von dem Apfel verhält, lässt sich gegenwärtig nicht mehr genau nachweisen; Gauss erklärte sie für ein Märchen. Thatsache ist jedoch, dass man noch bis zum Jahre 1826 jenen Apfelbaum zeigte, der dann dem Gesetze der Schwere zum Opfer fiel, worauf der Eigenthümer desselben aus dem Holze einen Stuhl anfertigen liess, welchen man den Fremden zeigte. Uebrigens vermochte Newton erst im Jahre 1682 den mathematischen Nachweis des oder vielmehr der Gesetze der Attraction zu liefern, weil er erst um diese Zeit in den Besitz einer genauen Angabe für die Grösse des Erdballs gelangte, und dieser Werth, wie in dem Artikel Gravitation gezeigt wird, ihm behufs jenes Nachweises nöthig erschien, obgleich sich das Gesetz der Abnahme der Schwere mit wachsender Entfernung auch aus den Kepler'schen Gesetzen herleiten lässt.

Newton sah übrigens keineswegs die Schwere oder Anziehungskraft als eine allgemeine, den Körpern als solchen nothwendige Eigenschaft an und selbst sein Schüler Maclaurin wies hierauf noch ausdrücklich hin. Inzwischen ist kein Stoff bekannt, der ohne Schwere,

ohne Anziehungskraft wäre, und Leonhard Euler's und Kant's Meinung, dass die Anziehung eine allgemeine Eigenschaft der Körper sei, hat ausserdem durch Bessel's Pendelmessungen und durch die Untersuchung der Bewegung der Doppelsterne vollständige Bestätigung gefunden. Kurz nach Newton's Veröffentlichung seiner Entdeckung versuchte zudem Berthier die Anziehungskraft der einzelnen Körper aufeinander sichtbar zu machen, indem er sehr verschiedenartige Stoffe, in feine Streifen geschnitten an einem Haare in einem Glascylinder (behufs Abhaltung des Luftzuges) aufhing und thatsächlich eine Anziehung durch von aussen genäherte Körper wahrnahm. Bouguer, Leroy u. A. waren Augenzeugen dieser Experimente; doch beweisen letztere keineswegs auch nur die Existenz einer gegenseitigen Körperanziehung, da diese in dem angeführten Falle absolut unmerklich bleiben musste. Erst später hat Henry Cavendish mittels der Drehwage die Anziehung kleiner Massen aufeinander direct durch Experimente erwiesen.

Antarctisch, dem arktischen oder nördlichen entgegengesetzt; z. B. antarctischer Pol, der südliche Pol.

Antipoden nennt man die Bewohner der Erde, welche einander diametral gegenüberstehen. Die Antipoden kehren also einander ihre Füsse zu, daher der Name, der soviel als „Gegenfüssler" bedeutet.

Apertur oder Oeffnung wird bei Fernrohren der Durchmesser der Objectivlinse, bei Spiegelteleskopen der Durchmesser des Spiegels genannt. Vgl. Fernrohr.

Apex nennt Schiaparelli in seinen berühmten Untersuchungen über die Sternschnuppen denjenigen Punkt, auf welchen am Himmelsgewölbe die verlängerte Richtung der Erdbewegung um die Sonne trifft. Der Apex durchläuft also in einem Jahre die ganze Ekliptik und bleibt stets westlich von der Sonne, im Mittel etwa 90°. Für einen gegebenen Ort steht er also durchschnittlich um 6 Uhr Morgens im Meridiane. Ueber die Wichtigkeit der Lage des Apex mit Bezug auf die stündliche Veränderlichkeit in der Zahl der am Himmel auftauchenden Sternschnuppen, s. Sternschnuppen.

Aphelium oder Aphel heisst derjenige Punkt in der Bahn eines Planeten, in welchem dieser am weitesten von der Sonne entfernt steht, daher der Name, welcher soviel als „Sonnenferne" bedeutet.

Apianus, Peter, eigentlich Bienewitz, geboren 1495 zu Leissning in Sachsen, gestorben 1552 zu Ingolstadt, wo er seit 1523 Professor der Mathematik gewesen, war ein fleissiger Astronom. In seiner Cosmographie schlug er die Methode der Monddistanzen zur Längenbestimmung vor, was freilich damals keinen Nutzen gewähren konnte; auch machte er auf die von der Sonne abgewandte Richtung der Kometenschweife aufmerksam. Karl V. erhob ihn in den Reichsadel.

Apogaeum ist der Punkt der Mondbahn, welcher sich am weitesten von der Erde befindet. Der Mond steht in seinem Apogäum heisst daher nichts anderes als er steht in seiner „Erdferne."

Apsiden heissen diejenigen beiden Punkte der elliptischen Planetenbahnen, in welchen der Planet der Sonne am nächsten steht und von

ihr am weitesten entfernt ist. Sie bezeichnen die äussersten Endpunkte der grossen Axe der Bahn, welche mit Rücksicht hierauf auch Apsidenlinie genannt wird. Die Apsidenlinie theilt die Bahn und deren Ebene in zwei gleich grosse und symmetrische Hälften; jede dieser letzteren wird also von dem Gestirne in gleichen Zeiten durchlaufen. Die Apsidenlinien der Planetenbahnen behalten übrigens ihre Lage im Raume nicht unveränderlich bei. Die Grösse dieser Veränderung findet sich unter den Bahnelementen der einzelnen Planeten angegeben, ihre Ursache in dem Artikel Störungen.

Arago, Dominique François, geboren am 26. Februar 1786 zu Estagel, gestorben am 2. Oktober 1853 zu Paris, einer der hervorragendsten Physiker und Astronomen, dabei ausgezeichnet durch mannhaftes Wesen und Unerschrockenheit, wo es galt für die Wahrheit und das Recht einzustehen. Noch sehr jung ward er mit Biot zur Vollendung der französischen Gradmessung nach Spanien geschickt, entledigte sich glücklich dieses Auftrages, vermochte aber erst nach mannichfachen Abenteuern, welche durch die damalige politische Lage hervorgerufen wurden, nach Paris zurückzukehren, wo er bereits 1809 zum Mitgliede der Akademie ernannt wurde. Im Jahre 1830 wurde er Director der Pariser Sternwarte und beständiger Secretär der Akademie; 1848 Mitglied der provisorischen Regierung, übernahm er das Marineministerium und verweigerte später dem Kaiser Napoleon den Eid. Obgleich dies seine Entlassung aus dem Staatsdienste hätte nach sich ziehen müssen, entband ihn Napoleon gänzlich von jeder Eidesleistung und er blieb bis zu seinem Tode auf der Sternwarte.

Arago's Arbeiten umfassen alle Theile der Physik. Besonders waren es die optischen Erscheinungen, deren Studium er sich in seiner Jugend mit Eifer hingab; auf dem Gebiete der electrischen und magnetischen Erscheinungen glänzt ebenfalls der Name A. durch eine Reihe wichtiger Entdeckungen, z. B. jene des Rotationsmagnetismus. Auf dem Gebiete der Astronomie waren es vorzugsweise Untersuchungen unseres Planetensystems, mit denen sich A. bis zu seinem Tode beschäftigte. A. war in Frankreich eine sehr populäre Persönlichkeit, er erschien dem Franzosen als die verkörperte Wissenschaft.

Aratus, gegen 270 v. Chr. lebend, schrieb ein astronomisches Gedicht ohne sonderlichen Werth, das aber vielfach commentirt wurde.

Arctisch, ursprünglich das, was nahe beim Sternbilde des Bären liegt, allgemein nördlich. Arctischer Pol = nördlicher Pol, Nordpol.

Argelander, Friedr. Wilh. Aug., berühmter Astronom, geboren am 22. März 1799 zu Memel, arbeitete erst unter Bessel auf der Königsberger Sternwarte, leitete dann selbständig die Observatorien zu Abo pnd Helsingfors und seit 1837 die Sternwarte Bonn, wo er an der nortigen Universität Professor ist. Seine „Unters. über d. Bahn d. Kometen v. 1811" ist eine klassische Schrift; in seinen „Unters. über d. Eigenbew. d. Sonnensystems" (1837) bestimmte er genauer den Ort des Himmels, gegen welchen hin sich die Sonne bewegt. In der „Uranometrie" gab er mustergültige Bestimmungen der Sterngrössen und veröffentlichte, nachdem 1846 seine „Durchmusterung des nördlichen

Himmels" erschienen war, einen kürzlich vollendeten Himmelsatlas, der sämmtliche Sterne 1— 9,5 Grösse umfasst, auf eignen Ortsbestimmungen basirt und den ersten Rang unter allen Himmelskarten einnimmt.

Argument, dasjenige, wovon etwas anderes Periodisches abhängt. Argument der Breite wird der Bogen der Bahn zwischen dem Orte eines Planeten und seinem aufsteigenden Knoten genannt. In der That hängt von der Grösse dieses Bogens die Breite des Planeten ab. Man zählt diesen Bogen vom aufsteigenden Knoten an nach Osten. Das Argument der Breite ergiebt sich, wenn man von der Länge des Planeten in seiner Bahn, die Länge des aufsteigenden Knotens subtrahirt. Nennt man das Argument der Breite h, die Neigung der Planetenbahn gegen die Ekliptik i, so findet sich die Breite b des Planeten für jede gegebene Zeit durch den einfachen Ausdruck: $\sin b = \sin h \, . \, \sin i$.

Aristarch von Samos, gegen 270 v. Chr. lebend, berühmter Philosoph, hatte die richtige Ansicht von der Stellung der Erde zur Sonne, und gab die Prinzipien an, nach welchen sich die Distanzen von Sonne und Mond bestimmen lassen.

Aristoteles, geboren 384 v. Chr. zu Stagira, gestorben 322 v. Chr. zu Chalcis, berühmter Philosoph, Lehrer Alexanders des Grossen, durch umfassendes Wissen ausgezeichnet. Die von ihm gestiftete Schule wird, vielleicht wegen des Umherwandelns bei den Vorträgen, die „Peripatetische" genannt. Von dem Athener Pöbel der Gottlosigkeit beschuldigt, flüchtete er nach Chalcis, wo er angeblich seinem Leben durch Gift ein Ende machte. Die Philosophie des A. hat während des ganzen Mittelalters unumschränkt geherrscht und wurde von geistesbeschränkten Zeloten der aufkeimenden modernen Wissenschaft lange als Damm entgegengeworfen.

Aristyllus, Alexandrinischer Astronom, um 300 v. Chr. lebend, bestimmte mit Timocharis eine Anzahl von Fixsternörtern in ziemlich roher Weise.

Armillarsphäre heisst eine Verbindung von Kreisen, welche den Aequator, die Ekliptik und die auf beiden senkrecht stehenden Kreise u. s. w. enthält. Die alten Astronomen benutzten dieses heute längst aufgegebene Instrument, um damit den Ort der Gestirne an der Himmelsphäre zu bestimmen. Tycho wandte es nur noch zu Zeitbestimmungen an.

d'Arrest, H. L., gelehrter Astronom, geboren am 13. Juli 1822 in Berlin, arbeitete zuerst auf der dortigen Sternwarte, ging dann nach Leipzig, wo er Director des Observatoriums wurde und folgte darauf einem Rufe nach Kopenhagen. Er entdeckte den nach ihm benannten Kometen und bestimmte seine Umlaufszeit. Mittels des grossen Kopenhagener Refractors hat er wichtige Beobachtungen über die Nebelflecke angestellt.

Arzachel, arabischer Astronom, lebte gegen 1080 zu Toledo und verfasste Planetentafeln, worauf sich die Alfonsinischen zum Theil stützen.

Ascensio recta heisst soviel wie gerade Aufsteigung oder Rectascension und wird in der astronomischen Zeichensprache durch A. R. bezeichnet.

Ascensionaldifferenz nennt man den Unterschied zwischen der geraden und schiefen Aufsteigung eines Gestirns. Sie dient zur Berechnung der Tageslänge. Nennt man d die Declination eines Gestirnes (z. B. der Sonne), p die Polhöhe oder geographische Breite des Beobachtungsortes und a die Ascensionaldifferenz, so findet sich: $\sin a = \tan d \cdot \tan p$. Wird in dieser Formel sin a grösser als + 1, so geht das betreffende Gestirn nicht unter, wird sin a kleiner als — 1, so geht das Gestirn für den Beobachtungsort nicht auf.

Die Bestimmung der Tagesdauer mittels der Ascensionaldifferenz ist sehr einfach. Es findet sich nämlich die halbe Tagesdauer in Stunden und deren Theilen ausgedrückt $= \frac{90^0 + a}{15}$, wo a die Ascensionaldifferenz der Sonne. Beispiel: Man suche für Paris die Tagesdauer am 10. Oktober. Die geograph. Breite von Paris ist $= 48^0\,50'$, die Declination der Sonne am 10. Oktober ist $= -6^0\,40'$. Man findet hieraus als Ascensionaldifferenz $a = 7^0\,41'$ oder ungefähr $= 7{,}7^0$, und ferner die halbe Tagesdauer $= \frac{90^0 - 7{,}7^0}{15} = \frac{82{,}3^0}{15} = 5{,}5$ Stunden, die Länge des ganzen Tages also = 11 Stunden.

Aspecten nennt man die scheinbaren Stellungen der Sonne, des Mondes und der Planeten zu einander am Himmelsgewölbe. Diesen verschiedenartigsten Stellungen legte die Astrologie eine hohe Wichtigkeit bei. Gegenwärtig werden in den astronomischen Ephemeriden nur noch die Momente folgender Aspecten voraus berechnet:

1) Die Conjunction (durch das Zeichen ☌ angedeutet) oder die scheinbare Zusammenkunft zweier Himmelskörper an der Sphäre.
2) Die Opposition (durch das Zeichen ☍ angedeutet) oder diejenige Stellung, in welcher zwei Himmelskörper in Länge um 180^0 oder den halben Kreisumfang von einander entfernt stehen.
3) Die Quadratur (durch das Zeichen □ angedeutet) oder diejenige Stellung, in welcher zwei Himmelskörper in Länge um 90^0 oder ein Viertel Kreisumfang von einander entfernt stehen.

Astrognosie ist die blosse Kenntniss der Sternbilder und der in ihnen enthaltenen Sterne, ohne weiter auf die Beziehungen der Sterne zu einander und zur Erde einzugehen. Zu astrognostischen Studien bedient man sich am besten einer guten Himmelskarte und der Methode des Alignements oder der Verbindung der hervorragendsten Sterne durch gerade, in Gedanken gezogene Linien. Man gehe dabei von dem sehr in die Augen fallenden, allbekannten Sternbilde des grossen Bären aus.

Astrologie heisst die entartete Tochter der Astronomie, die es unternimmt, aus den Stellungen der Gestirne, die Schicksale der Menschen vorher zu bestimmen. Dass beide in gar keinem Zusammenhange mit einander stehen und daher auch aus dem Einen nicht auf das Andere geschlossen werden kann, braucht heute nicht mehr beson-

ders hervorgehoben zu werden. Die Astrologie ist uralt; ihre frühesten Spuren finden sich bei den Chaldäern, Indiern und Chinesen. Die Römer waren der Astrologie in hohem Grade ergeben und selbst der weise Seneca huldigte noch der Meinung, dass die Schicksale ganzer Nationen von den geringsten Bewegungen der Planeten abhingen. Erst Diocletian und Constantin erliessen Edicte gegen die schädliche „Kunst" der Astrologen und Weissager. Dennoch blieb das Ansehen der Astrologen im Volke ein unerschütterliches, und im 5. Jahrhunderte eiferte Hieronymus gegen den Aberglauben vieler Christen, aus dem Laufe der Gestirne auf die Zukunft zu schliessen Im 9. Jahrhunderte erlangte die Astrologie des Arabers Messahala einen grossen Ruf. Alphons X. glaubte im 13. Jahrhunderte auf astrologischem Wege den Verlust seiner Krone vorhergesehen zu haben. Der grosse Beobachter Tycho de Brahe hielt fest an die Wahrheit astrologischer Vorhersagungen, obgleich er niemals Andern prophezeihte. Kepler benutzte in bedrängter Lage seine astrologischen Kenntnisse zu Prophezeihungen für Geld; doch glaubte er selbst nicht daran, wie er ausdrücklich in einem Briefe an den Kaiser Rudolf II. bemerkt. Das Wiedererwachen der Wissenschaften, besonders die rationelleren Anschauungen über die wahre Stellung der Erde im Planetensysteme, versetzte der Astrologie den Todesstoss, sie verlor mehr und mehr von ihrem Ansehen. Als Curiosum verdient bemerkt zu werden, dass noch 1732 der König Friedrich Wilhelm I. von Preussen in einer Cabinetsordre der astrologischen Kenntnisse des Grafen von Stein, als eines besondern Vorzuges gedenkt. Im gegenwärtigen Jahrhunderte hat J. W. Pfaff noch einmal versucht den astrologischen Aberglauben heraufzubeschwören. Er glaubte die Entdeckung gemacht zu haben, dass der Tod Napoleons am 5. Mai 1821 mit der Conjunction Jupiters und Saturns in Verbindung stehe.

Astronomie, Sternkunde, ist die Wissenschaft welche die scheinbaren und wahren Bewegungen, sowie die Eigenthümlichkeiten der Weltkörper kennen lehrt. Sie zerfällt in die theoretische und praktische Astronomie. Die erstgenannte lässt sich wieder in 3 Unterabtheilungen bringen, nämlich:

a) in die sphärische Astronomie, welche die Erscheinungen so betrachtet, wie sie sich unmittelbar am Himmelsgewölbe darstellen. Die Gestirne werden hierbei durchweg als an der Innenseite einer Hohlkugel befindlich betrachtet, in deren Mittelpunkt der Beobachter sich befindet;

b) in die theoretische Astronomie, welche aus den scheinbaren, die wahren Bewegungen nachweist;

c) in die physische Astronomie, welche die Gesetze kennen lehrt, nach denen die Bewegungen der Gestirne stattfinden, sowie ferner die individuellen Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Gestirne untersucht.

Die praktische Astronomie befasst sich mit Beobachtung und Rechnung; sie macht das Hauptgeschäft des eigentlichen Astronomen aus, während die theoretische Astronomie mehr in das Gebiet des eigentlichen

Mathematikers fällt. Nur wenige Astronomen hat es gegeben, die, wie z. B. Bessel, in der theoretischen wie in der praktischen Astronomie gleich sehr hervorragten.

Die Astronomie ist eine der ältesten, vielleicht die älteste aller Wissenschaften, wenngleich man allerdings nicht glauben muss, dass sie in der ältesten Zeit in wissenschaftlicher Gestalt betrieben worden wäre. Die Aegypter, Chinesen und Chaldäer scheinen sich am frühesten mit eigentlichen astronomischen Beobachtungen beschäftigt zu haben. Die älteste Beobachtung, welche auf uns gekommen ist, betrifft eine Sonnenfinsterniss, die sich im Jahre 2158 v. Chr. in China ereignete. Man hat sich neuerdings durch Nachrechnung, mittels der sehr vervollkommten Sonnen- und Mondtafeln der Gegenwart, von der Realität dieser Finsterniss überzeugt. Die Astronomie der Griechen ist sehr unbedeutend, ja sie verdient kaum diesen Namen, denn sie reducirt sich auf eine Anzahl wilder Speculationen über die Natur der fernen Himmelskörper, ohne allen wissenschaftlichen Halt. Socrates hatte durchaus nicht Unrecht, dass er diese Astronomie als eine unfruchtbare Beschäftigung verwarf. Thales und Pythagoras scheinen einige astronomische Kenntnisse besessen zu haben; von dem Ersteren wird behauptet, er habe eine Sonnenfinsterniss vorhergesagt, freilich heisst es gleich darauf, auch einen Meteorsteinfall, was ganz unmöglich ist. Ein wirkliches Verdienst erwarb sich Meton (433 v. Chr.) durch Einführung seines berühmten Mondcirkels von 19 Jahren, nach welcher Periode die Neumonde wieder fast genau auf die nämlichen Jahrestage fallen.

Unter den Ptolemäern fand die Astronomie Schutz und Ermunterung zu Alexandrien. In dieser Epoche fertigten Timocharis und Aristyllus den ersten, freilich auch höchst unvollkommenen Sternkatalog an (294 v. Chr.). Um dieselbe Zeit beschrieb Aratus in einem langen Gedichte, ziemlich breit, unverständlich und unvollständig, die Constellationen und die in ihnen enthaltenen hellen Sterne. Aristarch von Samos (260 v. Chr.) lehrte die Entfernung der Sonne und des Mondes, der Theorie nach ganz richtig, messen und hatte eine dunkle Vorstellung von dem wahren Planetensysteme. Eratosthenes, versuchte die Grösse der Erde zu messen. Alle diese vereinzelten und unsystematischen Arbeiten wurden weit überholt von den Leistungen Hipparch's (150 v. Chr.), des Bessel's des Alterthums. Ein neu erschienener Stern veranlasste ihn, alle dem Auge sichtbaren Sterne nach Ort und Helligkeit zu bestimmen, damit die Nachwelt zu entscheiden vermöge, ob und welche Sterne neu erscheinen oder verschwinden würden. Durch Vergleichung seiner Beobachtungen mit den früheren der Astronomen Timocharis und Aristyllus entdeckte er die Präcession der Nachtgleichen; er erkannte die Ellipticität der Sonnenbahn und bestimmte genauer die Dauer des Jahres. Die Mondfinsternisse schlug er als Mittel zu Längenbestimmungen vor und erklärte ganz richtig die Thatsache, dass Sonnenfinsternisse nicht an allen Orten der Erde von gleicher Grösse erscheinen. Kleomedes, kurz vor dem Anfange unserer Zeitrechnung lebend, entdeckte die Refraction und fand

ihre Erklärung. Ptolemäus (129—141 v. Chr.) ist unter allen Astronomen des Alterthums der für die Nachwelt fruchtbarste; sein Buch „Almagest" wurde lange als Lehrbuch der Astronomie betrachtet, von dem man nicht abgehen dürfe. In demselbem hat er Vieles von Hipparch entlehnt, doch ist er auch durch eigne Beobachtungen ausgezeichnet. Sein Sternkatalog ist eine Reduction der Hipparch'schen Fixsternörter. Die grösste Berühmtheit erlangte Ptolemäus durch sein (unrichtiges) Planetensystem, das länger als anderthalb Jahrtausende hindurch sich in Ansehen erhielt. Nach ihm sind bloss noch Theon und seine unglückliche Tochter Hypatia aus der Alexandrinischen Schule zu erwähnen. Im Jahre 641 ward Alexandrien von den Arabern erobert, die reiche Bibliothek verbrannt und dadurch ein Schaden verursacht, den noch die späteste Nachwelt beklagt. Nach kurzem Schlummer blühte die Astronomie bei den Arabern und Tartaren wieder auf, deren Khalifen selbst eifrige Beobachter waren. Sie versuchten die Grösse der Erde, die Excentricität der Erdbahn und die genauen Oerter der dem blossen Auge sichtbaren Fixsterne zu bestimmen, und gelangten zu für ihre Hilfsmittel sehr befriedigenden Resultaten. Leider stand auch die Astrologie bei ihnen in hohem Ansehen.

Im Abendlande treffen wir im 13. Jahrhunderte auf Alphons den Weisen von Castilien, der selbst ein eifriger Beobachter war und zu den nach ihm benannten Tafeln der Planetenbewegung, gleichzeitig Christen, Juden und Mauren als Mitarbeiter heranzog. Fast gleichzeitig glänzten Roger Baco durch tiefe Kenntnisse und Sacrobosco durch ausgezeichnete Lehrthätigkeit auf dem Gebiete der astronomischen Wissenschaften, ersterer in England, letzterer in Frankreich. Mehr aber als im Auslande, geschah in Deutschland für das Studium der Astronomie; Georg Peurbach und Regiomontanus waren hier theoretisch und praktisch thätig. Endlich im Jahre 1473 wurde zu Thorn der Mann geboren, der als Begründer des wahren Weltsystems den höchsten Ruhm erlangen sollte, Nicolaus Copernicus. Sein Zeitgenosse Reinhold erkannte die Ellipticität der Mond- und Merkurbahn und etwas später liess Landgraf Wilhelm IV. von Hessen, bei Cassel eine grosse Sternwarte bauen, auf der er selbst mit Byrg und Rothman beobachtete. Diese Beobachtungen wurden jedoch an Schärfe weit von denjenigen übertroffen, welche Tycho de Brahe (1546 bis 1601) anstellte und die, indem sie den theoretischen Speculationen von Kepler zur Grundlage dienten, die herrlichsten Früchte trugen. Kepler glücklich und unglücklich zugleich, gehörte zu den speculativsten Geistern aller Zeiten, 17 Jahre lang setzte er seine Studien über die Harmonie der Welt fort, ehe er als Resultat derselben die grosse Entdeckung der drei nach ihm benannten Gesetze verkünden konnte. Gleichzeitig wurde in Holland das Fernrohr erfunden und die Anwendung desselben auf Untersuchung des Himmels, ergab sofort eine Menge von neuen Entdeckungen und führte zu neuen, fruchtbaren Ideen, an die vordem Niemand denken konnte. Galilei, für Ausbreitung des copernikanischen Weltsystems thätig, schuf gleichzeitig die wissenschaftliche Mechanik und bahnte hierdurch den Weg zu Newton's grosser Entdeckung des

Gravitationsgesetzes und der Entwickelung seiner Consequenzen. In diesem Zeitraume findet sich eine weit grössere Anzahl bedeutender Männer für die Astronomie thätig, als je vorher: Hevel in Danzig, Huygens in den Niederlanden, Römer und Cassini in Paris u. s. w. Der Ruhm aller wurde aber weit überflügelt durch die Arbeiten Newton's der, ohne je astronomischer Beobachter gewesen zu sein, die Fundamente dieser Wissenschaft vollendete, deren erste Steine Copernicus und Kepler gelegt hatten. Newton's Untersuchungen hatten die Theorie mit einem Schlage weit über die Beobachtungen hinausgebracht und daher sehen wir denn unmittelbar nachher allenthalben einen regen Eifer, die Beobachtungsmethoden zu verbessern und die Schärfe der Instrumente zu erhöhen. Besonders Flamsteed, dann Halley, waren als Beobachter, letzterer auch als Theoretiker, bedeutend. Noch erfolgreicher erwiesen sich indess für die Zukunft die Beobachtungen Bradley's, von denen ein grosser Theil der heutigen Entwickelung der Astronomie abhängt. Durch Newton's Arbeiten ist der Mathematik ein ungemeiner, dominirender Einfluss auf die Astronomie eingeräumt worden; ohne die schwierigsten und subtilsten mathematischen Untersuchungen war von jetzt ab ein Fortschritt der Astronomie nicht mehr möglich. Es trat daher nun eine mehr ausgesprochene Theilung der Arbeit ein als bisher stattgefunden hatte, Theoretiker und Beobachter haben jeder in seiner Sphäre vollauf zu thun. Die Vervollkommnung und Weiterführung der Theorie übernahmen, als Newton's Hand im Tode der Griffel entfallen war, Clairaut, D'Alembert, Euler, Lagrange und vor allen Laplace in Frankreich und Gauss in Deutschland. Die drei Culturvölker der Neuzeit haben durch je einen ihrer Söhne gleichmässig zu dem hohen Ausbaue der theoretischen Astronomie beigetragen, England mit Newton's „Prinzipien," Frankreich mit Laplace's „Mechanik des Himmels" und Deutschland mit Gauss' „Theorie der Bewegung der himmlischen Körper;" die genannten drei Männer sind gleichzeitig die grössten Mathematiker der Neuzeit. Während so die Theorie immer näher einer idealen Vollkommenheit entgegenstrebte, blieb auch die praktische Astronomie nicht zurück. Die Fortschritte der optischen und mechanischen Kunst im 18. und 19. Jahrhundert sind hauptsächlich durch die Anforderungen der praktischen Astronomie angeregt worden. Während Dollond als der Erste achromatische Fernrohre herstellte, gelang es Ramsden seine grossen Kreisinstrumente in solcher Vollkommenheit zu liefern, dass bei den Beobachtungen die einzelne Secunde zu verbürgen keineswegs unmöglich blieb; Harrison lieferte die ersten brauchbaren Chronometer und in der Verfertigung fast absolut richtig gehender Pendeluhren gelangte Graham zu noch grösserer technischer Vollendung. Im Beginne des gegenwärtigen Jahrhunderts endlich, sehen wir, nachdem Herschel in Verfertigung und Benutzung seiner gewaltigen Spiegeltelescope lange unerreichbar dagestanden, von München aus eine neue Aera in der Herstellung genauer astronomischer Seh- und Messinstrumente anbrechen. Fraunhofer und Reichenbach sind es, die den Ruf der deutschen optischen und mechanischen Kunst über den ganzen Erdball verbreitet

haben. Der Erstgenannte lieferte Refractoren in einer Grösse und optischen Vollendung, wie sie die Welt bis dahin nicht gesehen. Das letzte von ihm verfertigte grosse Instrument von 9 Zoll Oeffnung, welches Dorpat besitzt, zeigte sich in Struve's Händen dem berühmten zwanzigfüssigen Telescope Herschel's in vielfacher Beziehung weit überlegen. Die Meridiankreise Reichenbach's liessen ebenso alle bis dahin in Anwendung gewesenen Winkelmessinstrumente weit hinter sich zurück. Mit diesen bewundernswürdig vervollkommten Werkzeugen gelangten die Beobachter, besonders Bessel und Struve, zu Resultaten, deren Schärfe in der That der äussersten Grenze sehr nahe gekommen zu sein scheint, die zu erreichen, dem Menschen beschieden ist. Betrachtet man nun noch die neuesten Fortschritte der beobachtenden Astronomie, die Anwendung des Electromagnetismus zur genauesten Fixirung gewisser Momente und die Benutzung der spectralanalytischen Methoden behufs chemischer Untersuchungen in den fernsten Welträumen, so muss man gestehen, dass die Himmelskunde in der That heute auf einem Standpunkte steht, auf welchem sie den stolzen Namen „Königin der Wissenschaften" wohl verdient, obgleich freilich keine Wissenschaft an und für sich den Vorrang vor einer andern beanspruchen kann.

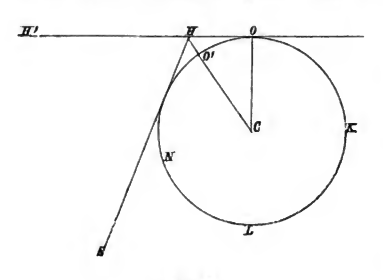
In dieser mehr als fragmentarischen Ueberschau der historischen Entwickelung der Sternkunde, wurde absichtlich Vieles übergangen oder nur sehr kurz angedeutet, was an den betreffenden Stellen dieses Buches sich ausführlich dargelegt findet. Es kam hier nur darauf an, einen allgemeinen Ueberblick der Entwickelung der Astronomie zu geben.

Atmosphäre bezeichnet die gasförmige Umhüllung irgend eines Körpers. Gewöhnlich ist damit die Lufthülle unsers Planeten gemeint, doch spricht man auch von den Atmosphären der übrigen Planeten, der Sonne u. s. w. Unsere Erdatmosphäre ist ein Gemenge (keine chemische Verbindung) verschiedener Gase, nämlich Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure und seltner Wasserstoff-, Kohlenwasserstoff- und Schwefelwasserstoffgas, wozu noch, mit Basen verbunden, an einigen Punkten Chlorwasserstoffsäure und das für das Gedeihen der Vegetation so wichtige Ammoniakgas hinzukommen. Der Gehalt an Wasserdampf wird durch die Wärme geregelt. Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure bilden die überwiegenden Bestandtheile der Atmosphäre, und zwar enthält dieselbe dem Volumen nach 20,8 Sauerstoff und 79,2 Stickstoff, während der Kohlensäuregehalt zwischen 0,05 und 0,1 variirt.

Die Dichtigkeit der Luft beträgt, nach den Untersuchungen Regnault's, im Meeresniveau unter 45° Breite und bei einem Barometerstande von $0{,}76^{m}$, $^{1}/_{10316,8}$ von derjenigen des Wassers im Punkte seiner grössten Dichtigkeit. Das Gewicht der Luft erreicht noch nicht den Millionten Theil von dem Gewichte des Erdballes; es beträgt 110,000 Billionen Centner.

Wie unser Erdball besitzt auch die Atmosphäre eine abgeplattete Gestalt; ihre höchste Höhe hat sie unter dem Aequator, ihre geringste

über den beiden Polen. Die Abplattung derselben ist jedenfalls grösser als die Erdabplattung, wie die Theorie zeigt, aber ihre Grösse aus Beobachtungen zu bestimmen wird, wohl auf immer unmöglich bleiben. Mathematisch lässt sich indess zeigen, dass die Abplattung der Atmosphäre in keinem Falle den Werth von $^1/_3$ übersteigen kann. Die Ursache, weshalb wir über die genaue Abplattung der Atmosphäre im Ungewissen sind und wohl auch für immer bleiben werden, ist darin zu suchen, dass das Gesetz der Wärmeabnahme mit zunehmender Erhebung über den Erdboden uns unbekannt ist und deshalb auch die Höhe der Lufthülle keineswegs mit Genauigkeit ermittelt werden kann. Allerdings hat man schon seit Alhazen Versuche gemacht, die Höhe der Atmosphäre aus den Dämmerungserscheinungen abzuleiten und dafür Resultate erhalten, die zwischen 8 und 10 deutschen Meilen schwanken; allein diese Höhen sind gewiss zu gering, da sie nur für denjenigen Theil des oberen Luftmeeres gelten, der noch dicht genug ist, das Sonnenlicht zurückzuwerfen. Das Prinzip der angewandten Methode ist übrigens folgendes. Es sei Figur 6 OKLN ein Durchschnitt der Erdkugel und O ein Beobachter, der den letzten Strahl der Sonne, von den Luftschichten reflektirt, im Horizonte HO erblickt. Der Winkel, den der letzte Sonnenstrahl also mit dem Horizonte bildet, ist H'HS. Da die einzelnen Luftschichten concentrisch mit dem Erdmittelpunkte angenommen werden, so steht HC senkrecht auf dem Lufttheilchen, welches in H von dem Sonnenlichte getroffen wird. Nach dem Gesetze der Reflexion ist daher auch $\angle$ SHC $=$ $\angle$ CHO. Nun ist anderseits aber auch $\angle$ SHO $= 180^0 -$ $\angle$ H'HS, daher auch $\angle$ CHO $= \frac{1}{2}(180^0 - \angle \text{H'HS})$. Man hat aber OC $=$ HC . sin CHO, OC ist $=$ dem Erdradius oder 860 Meilen, daher HC $= \frac{\text{OC}}{\sin \text{CHO}}$. Nun ist aber HC offenbar $=$ O'C $+$ O'H und O'C bei der kugelförmigen Erde $=$ OC, O'H aber die gesuchte Höhe der Atmosphäre. Man hat also für letztere:



Figur 6.

$$\text{O'H} = \frac{\text{OC}}{\sin \text{CHO}} - \text{OC} = 860\left(\frac{1}{\sin \text{CHO}} - 1\right),$$

letzterer Ausdruck giebt die Höhe in Meilen. Es kommt also nur darauf an, den Winkel H'HS zu kennen, aus dem sich sofort $\angle$ CHO

ergiebt. Es ist aber H'HS offenbar der Winkel, um welchen die Sonne unter dem Horizonte steht, der sogenannte Depressionswinkel. Derselbe kann gegenwärtig nach den Beobachtungen von Schmidt mit Berücksichtigung der Refraction zu 16° angenommen werden. Es findet sich daher ∢ CHO = $1/_2$ (180° − 16°) = 82° und O'H oder die Höhe der Atmosphäre endlich = 8,6 Meilen.

Dieser Werth für die Höhe der Atmosphäre ist, wie bereits bemerkt, bloss ein unterer; mancherlei Erscheinungen deuten darauf hin, dass sich auch noch in grösseren Höhen Lufttheilchen befinden. Nach dem sogenannten Mariotte'schen Gesetze, das übrigens nur annähernd richtig ist, verhalten sich die Dichtigkeiten der Gase, wie die Kraft, welche sie zusammendrückt. Hiernach muss also die Dichtigkeit der einzelnen Luftschichten von unten nach oben abnehmen, indem die tieferen Luftschichten offenbar einen stärkeren Druck auszuhalten haben als die höheren. Diese Abnahme zeigt das Barometer sehr klar, indem es mit zunehmender Höhe fällt und dadurch ein Mittel an die Hand giebt die Erhebung über der Meeresfläche aus seinem Stande zu berechnen. Vernachlässigt man den Einfluss der Temperatur und setzt die Dichtigkeit der Luft im Niveau des Meeres = 1, so finden sich durch Rechnung folgende Werthe für die Dichtigkeit der Luft in den beigefügten Höhen über dem Meere:

Höhe in Meilen.	Dichte der Luft.	Höhe in Meilen.	Dichte der Luft.
0,5	0,645	8,0	0,00090
1,0	0,416	9,0	0,000375
2,0	0,172	10,0	0,000156
3,0	0,0721	15,0	0,00000198
4,0	0,0300	20,0	0,000000024
5,0	0,0123	25,0	0,000000000303
6,0	0,0052	30,0	0,000000000004.
7,0	0,00216	35,0	0,00000000000005

Aus dieser Tabelle ersieht man, dass die Luft schon in 9 Meilen Höhe 2500 Mal dünner ist als an der Erdoberfläche, in 30 Meilen Höhe vollends aber schon ein Viertelbillion Mal, eine Verdünnung, von welcher wir uns keine Vorstellung machen können. Doch wäre man deshalb noch immer nicht gezwungen, in dieser Höhe die Grenze der Atmosphäre zu fixiren.

Wie jedes Gas lenkt die Atmosphäre den schief hindurchgehenden Lichtstrahl von der geraden Linie ab und bewirkt dadurch die Refraction oder Strahlenbrechung (s. d.).

Die blaue Farbe des Himmels entsteht durch die Absorption einer beträchtlichen Menge der rothen Strahlen von Seiten des in den höchsten Luftregionen, im Zustande eines transparenten Gases befindlichen Wasserdampfes. Wenn indess kleine Theilchen flüssigen Wassers in Gestalt eines leichten Nebels vorhanden sind, so findet sich die Intensität der blauen Farbe vermindert. Deshalb erblickt man auch im

Winter oder in den kälteren Gegenden niemals jenes prachtvolle Blau, welches wir nur an schönen Sommertagen wahrnehmen, das aber in den Tropen fast das ganze Jahr hindurch zu sehen ist. Die bläuliche Farbe, welche die Gebirge annehmen, erklärt sich in derselben Weise durch den Einfluss des Wasserdampfes, welcher in demjenigen Theile der Luft enthalten ist, der den Beobachter von jenen Bodenerhebungen trennt; übrigens rührt sie auch bis zu einem gewissen Grade daher, dass diejenigen Oberflächentheile der Erde, welche nicht von dem directen Sonnenlichte getroffen werden, hauptsächlich durch die blauen Strahlen des Himmels erleuchtet sind. Wenn die Luft sehr mit durchsichtigem Wasserdampfe beladen ist, so wird die blaue Farbe intensiver und tiefer; sie erbleicht hingegen, wenn tropfbar flüssiges Wasser mit Nebel entsteht. Daher zeigt die blaue Farbe des Himmels an, dass die Luft mit Wasserdampf beladen ist und kann als ein Vorzeichen von Regen betrachtet werden. Neuerdings haben die Versuche Tyndall's ergeben, dass alle von ihm künstlich erzeugten Wolken, mochten die zu ihrer Hervorbringung benutzten Substanzen noch so verschiedenartiger Natur sein, stets eine blaue Färbung besassen. Es beweist dies, dass die blaue Farbe eine Erscheinung ist, die lediglich von der Grösse der das Licht reflektirenden Theilchen abhängt. Die Lufttheilchen als solche, reflektiren aber, ebenfalls nach den Untersuchungen von Tyndall, das Licht ganz und gar nicht. Bei dem Uebergange aus dem unsichtbaren Dampfe in weisse Nebelbläschen strahlen die kleinen Dunstkügelchen, zuerst die kürzesten, blauen Wellen des sichtbaren Lichtes zurück, und erst in dem Maasse, wie sich diese Bläschen vergrössern, werden auch andere Lichtwellen zurückgeworfen, bis schliesslich an Stelle des blauen Himmelsgrundes ein weisses oder schwachgefärbtes Gewölk am Himmel steht.

Das Licht des blauen Himmels zeigt, wie Arago zuerst nachgewiesen hat, Polarisation (s. d.), und zwar steht die Schwingungsebene der Strahlen, welche uns ein beliebiger Punkt des blauen Himmels zusendet, stets senkrecht zur Ebene, welche man durch jenen Punkt, das Auge des Beobachters und die Sonne gelegt denken kann. In Folge der Bewegung der Sonne ändert sich daher die Lage der Schwingungsebene für einen und denselben Punkt im Laufe des Tages. Für den Nordpol des Himmels z. B. steht die Schwingungsebene um 6 Uhr Morgens vertical, also im Meridiane, um 12 Uhr Mittags horizontal, Abends um 6 Uhr wieder vertical. Wheatstone hat auf diese Verhältnisse seine Polaruhr gegründet.

Atmosphäre des Mondes, s. Mond.

Atmosphäre der Planeten, s. die einzelnen Planeten.

Atmosphäre der Sonne, s. Sonne.

Atmosphärilien, heissen die in der Atmosphäre entstehenden Erscheinungen.

Atmosphärische Niederschläge sind diejenigen Bildungen, welche entweder in tropfbar flüssiger Gestalt, wie der Regen, oder in fester Form, wie Schnee und Hagel, aus der Luft sich auf den Erdboden herabsenken.

Atmosphärologie ist ein veralteter Ausdruck für Meteorologie und bedeutet die Lehre von den Erscheinungen, welche uns die Atmosphäre darbietet.

Aufgang der Gestirne nennt man das Emporsteigen derselben über den östlichen Horizont. Die Gestirne gehen auf, wenn ihr scheinbarer Abstand vom Scheitelpunkte 90° beträgt. Die Strahlenbrechung bewirkt jedoch, dass in diesem Momente der wahre Abstand vom Scheitelpunkte noch ein etwa ½° grösserer ist. Für alle Orte des Erdäquators steigen die Gestirne senkrecht am östlichen Horizonte empor und beschreiben ihre tägliche Bahn in einer senkrecht zu demselben stehenden Ebene. Je mehr man sich vom Aequator nach Norden oder Süden entfernt, um so schrägere Bahnen beschreiben die Gestirne gegen den Horizont, bis sie endlich unter den Polen selbst in Kreisen parallel dem Horizonte sich bewegen. Unter den Polen findet also kein Auf- oder Untergang der Fixsterne statt, doch zeigen Sonne, Mond und Planeten in Folge ihres veränderlichen Standortes am Himmel dort in längeren Zwischenzeiten die Phänomene des Auf- und Unterganges. Für Orte zwischen den Polen und dem Aequator gehen alle diejenigen Gestirne nicht auf, bleiben also beständig über oder unter dem Horizonte, deren Declination grösser als die Aequatorhöhe dieser Orte ist.

Die alten Schriftsteller bezeichneten mit Aufgang oder Untergang der Gestirne wesentlich etwas anderes, als das vorstehend Auseinandergesetzte, und zwar unterschieden sie:

1) den heliakischen Aufgang oder das erste Hervortreten eines Gestirnes aus den Sonnenstrahlen. Das Verschwinden in den Sonnenstrahlen wurde heliakischer Untergang genannt. Bei Bestimmung des heliakischen Auf- oder Unterganges kommt es unter übrigens gleichen Umständen auf die Helligkeit des betreffenden Sternes an, indem ein Stern 1. Grösse natürlich früher oder in grösserer scheinbarer Nähe bei der Sonne sichtbar wird und später wieder verschwindet, als ein Stern 3. Grösse. Nimmt man an, dass die Sterne 1. Grösse sichtbar zu werden beginnen, wenn die Sonne etwa 10° unter dem Horizonte ist, so lässt sich der Zeitpunkt ihres heliakischen Auf- oder Untergangs bestimmen, indem man den Punkt der Ekliptik berechnet, der beim Aufgange des betreffenden Sternes 10° unter dem östlichen Horizonte liegt, oder beim Untergange 10° unter dem westlichen Horizonte. Die Tage, an welchen die Sonne an diesen Punkten der Ekliptik steht, sind die Tage des heliakischen Auf- oder Untergangs des betreffenden Sternes;
2) den kosmischen Aufgang oder den Zeitpunkt, zu welchem der Stern mit der Sonne zugleich aufgeht, während der kosmische Untergang der Zeitpunkt ist, wenn der Stern mit der Sonne zugleich untergeht.
3) den akronyktischen Aufgang (oder Untergang), wenn ein Stern aufgeht (untergeht), während gleichzeitig die Sonne untergeht.

Um die Zeit der vorstehenden Auf- und Untergänge für die Gegenwart leicht zu bestimmen, benutzt man am besten einen Himmelsglobus, den man für die Polhöhe des Bestimmungsortes eingestellt hat. Es ergiebt sich dann der heliakische Aufgang, indem man mittels eines Höhenkreises denjenigen Punkt der Ekliptik sucht, der beim Aufgange des Sternes um soviel Grade unter dem Horizonte steht, als der Stern von der Sonne entfernt sein muss, um in ihren Strahlen eben sichtbar zu werden. Der kosmische Aufgang findet sich, wenn man den Stern in den östlichen Horizont bringt, und den gleichzeitig mit ihm aufgehenden Punkt der Ekliptik aufsucht. Den akronyktischen Aufgang findet man, wenn man den Punkt aufsucht, der 180° von dem im vorhergehenden gefundenen Punkte entfernt ist. Zu den so gefundenen Punkten findet man leicht die entsprechende Zeit, zu welcher die Sonne dort steht und hiermit auch die Zeiten der betreffenden Aufgänge (und Untergänge).

Aufsteigender Knoten, s. Knoten.

Aufsteigende Zeichen, s. Zeichen.

Aufsteigung, gerade, oder Rectascension, nennt man den auf dem Himmelsaequator vom Frühlingspunkte gegen Ost gezählten Bogen. Denkt man sich durch einen Stern und die beiden Himmelspole einen grössten Kreis gelegt, so schneidet dieser den Aequator senkrecht. Der Bogen von dem Frühlingspunkte gegen Ost bis zu diesem Durchschnittspunkte wird gerade Aufsteigung oder Rectascension des betreffenden Sternes genannt. Durch gerade Aufsteigung und Abweichung (Deklination) ist der Ort eines Sternes am Himmel vollkommen bestimmt. Gerade Aufsteigung des Zenith's wird der von West nach Ost auf dem Aequator gezählte Bogen genannt, der zwischen dem Frühlingspunkte und dem Punkte des Aequators liegt, in welchem dieser südlich vom Meridiane durchschnitten wird.

Man zählt die gerade Aufsteigung gegen Osten und zwar bis 360°; doch drückt man dieselbe meist nicht durch den Bogen, sondern durch die Zeit aus, welcher dieser Bogen bedarf um durch den Meridian zu gehen, oder den Meridian zu passiren. In 24 Stunden Sternzeit vollendet nämlich das ganze Himmelsgewölbe einmal den Umschwung um die Weltaxe, seine tägliche, scheinbare Umdrehung. Jeder Punkt des Himmels durchläuft also in dieser Zeit 360°, in einer Stunde demnach 15°, in 1 Zeitminute 15′, in 1 Zeitsecunde 15″. Denkt man sich nun ein Fernrohr genau im Meridiane nach Süden gerichtet und man beobachtet einen Stern, der durch den Meridian hindurchgeht; nach 24 Stunden Sternzeit wird man ihn wieder erblicken, wie er den Meridian passirt, während dieser Zeit aber eine Menge anderer Sterne in den verschiedensten Zeitintervallen. Nehmen wir jetzt an, ein zweiter Stern trete in den Meridian, 1 Stunde Sternzeit später, nachdem der erstgenannte durchpassirt ist. Da die Umdrehung des Himmelsgewölbes vollkommen gleichmässig vor sich geht, so wird unser erster Stern nach einer Stunde bereits $^1/_{24}$ seines ganzen täglichen Umlaufs vollendet haben, also in Bogen ausgedrückt $^{360}/_{24} = 15^0$. Der zweite Stern steht daher

offenbar auch um diesen Bogen von 15° (gemessen auf dem Aequator) von dem ersten Sterne ab, oder seine Rectascension ist um eben diesen Betrag grösser als diejenige des ersten Sternes. Weiss man nun auf irgend eine Weise, wie gross die Rectascension des ersten Sternes war, so hat man auch sofort die Rectascension des zweiten Sternes, die um 15° grösser ist, und man wird die Rectascensionen beliebig vieler anderer Sterne bestimmen können, indem man stets den Zeitunterschied zwischen dem Durchgange des ersten Sternes und den Durchgängen der letzteren beobachtet und durch Multiplication mit 15 in Bogen verwandelt. Allein diese Multiplication ist sehr überflüssig und für den praktischen Beobachter (besonders beim Aufsuchen der Sterne) höchst unbequem und man giebt daher die Rectascension statt in Bogen, in Zeit an, sodass es also statt: „dieser Stern hat 24° Rectascension", einfach heisst: „dieser Stern hat 2 Stunden Rectascension", wobei noch der Kürze halber statt 2 Stunden: 2^h gesetzt wird; h ist hier der Anfangsbuchstabe von hora = Stunde. Den oben angezeigten Weg zur Rectascensionsbestimmung der Fixsterne schlagen die Astronomen in der That ein und gehen dabei von den sehr genau bestimmten Rectascensionen einer Anzahl von Sternen als Grundlage aus, die deshalb auch „Fundamentalsterne" genannt werden. Da der Frühlingspunkt, von welchem aus man die Rectascensionen zählt, am Himmel durch nichts ausgezeichnet ist, so ist die Bestimmung einer ersten, absoluten Rectascension viel schwieriger, als die Bestimmung fernerer Rectascensionen durch Anschluss an eine schon bekannte, nach der oben gezeigten Methode. Um absolute Rectascensionen zu erhalten, d. h. um den Abstand eines Sternes vom Frühlingspunkte zu bestimmen, beobachtet man die Sonne um die Zeit der Frühlingsnachtgleiche und bestimmt aus den gemessenen Höhen derselben und aus der bekannten Aequatorhöhe des Beobachtungsortes den Zeitpunkt, wann der Sonnenmittelpunkt im Aequator steht. Da die Sonne stets in der Ekliptik bleibt, so kann sie offenbar nur da auch gleichzeitig im Aequator stehen, wo Ekliptik und Aequator sich durchschneiden, also am 21. März im Frühlingspunkte. Durch gleichzeitige Beobachtung des Meridiandurchgangs eines Fixsternes findet man dessen Rectascensionsunterschied mit dem Orte der Sonne, oder da dieser Ort der Sonne dem Nullpunkte der Zählung entspricht, die absolute Rectascension des betreffenden Gestirnes. Sollen die auf diesem Wege erhaltenen absoluten Ractascensionen genau sein, so sind eine Menge von Vorsichtsmassregeln zu befolgen, auch ist es weder möglich noch nothwendig die Sonne genau in dem Momente zu beobachten, wo ihr Centrum im Frühlingspunkte steht, vielmehr wird dieser Zeitpunkt aus den Beobachtungen, mittels Rechnung abgeleitet. Die gerade Aufsteigung der Sonne lässt sich sehr einfach aus ihrer Declination ableiten, da die Schiefe der Ekliptik bekannt ist. Nennt man letztere e, die Deklination der Sonne d, ihre Rectascension R, so findet sich:

$$\sin R = \tan d \,.\, \cot e.$$

Die Rectascensionen der Sterne sind keineswegs für alle Zeiten unveränderlich, vielmehr werden sie sowohl durch die Eigenbewegungen als das sogen. Vorrücken der Nachtgleichen (s. d.) unaufhörlich modificirt.

Aufsteigung, schiefe, eines Gestirnes, nennt man den Bogen des Aequators, der zwischen dem Frühlingspunkte und demjenigen Punkte des Aequators liegt, der mit dem betreffenden Gestirne zugleich aufgeht. Die schiefe Aufsteigung eines und desselben Sternes ist also nicht, wie die gerade Aufsteigung, für alle Orte der Erde die gleiche, sondern ändert sich mit der geographischen Breite. Der Unterschied zwischen gerader und schiefer Aufsteigung heisst Ascensionaldifferenz. Die schiefe Aufsteigung ist auf der nördlichen Halbkugel für alle nördlichen Sterne kleiner als die gerade Aufsteigung.

Ausdehnung ist eine Grundeigenschaft der Materie, indem letztere ohne sie nicht denkbar ist. Die Grösse der Ausdehnung bestimmt sich nach den drei Dimensionen der Länge, Breite und Höhe. Als Ausdehnung oder Expansion bezeichnet man auch die Volumzunahme der Körper unter gewissen Umständen, z. B. durch die Wärme. Die Ausdehnung der Metalle, des Quecksilbers u. s. w. durch die Wärme ist für gewisse astronomische Beobachtungen von sehr grosser Wichtigkeit. Die Nothwendigkeit, die Ausdehnung der verschiedenen Körper durch die Wärme genau zu bestimmen, machte sich zuerst sichtbar, als Richer 1672 in Cayenne das Pendel seiner Uhr verkürzen musste, um dieselbe wieder auf den gleichen Gang, wie in Paris zu bringen. Man nahm damals (aber freilich unrichtig) eine Zeit lang an, jenes Pendel sei unter dem Einflusse der grösseren Wärme in Cayenne so sehr verlängert worden, dass hieraus die Abweichung im Uhrgange entstanden wäre. Man hat verschiedene Vorrichtungen erdacht, um die Ausdehnung, besonders der festen Körper, durch die Wärme möglichst genau zu messen, doch bleiben diese Messungen immer höchst schwierig und genau übereinstimmende Angaben sind noch keineswegs erzielt worden. Sehr sorgfältige Untersuchungen über die Ausdehnung einer Reihe von Körpern hat kürzlich der französische Physiker Fizeau angestellt. Die nachstehende Tafel enthält die hauptsächlichsten Resultate derselben.

Name des Körpers.	Ausdehnungscoefficient (für 40° C.)	Veränderung d. Längeneinheit von 1° bis 100° C.
Diamant	0,00000118	0,000132
Graphit (Batangol) . . .	0,00000786	0,000796
Anthracit (Pennsylv.) . .	0,00002078	0,001996
Steinkohlen (Charleroy) .	0,00002782	0,002811
Paraffin (56° Schmelzpunkt)	0,00027854	—
Schwefel (Sicilien) . . .	0,00006413	0,006748
Palladium (geschmiedet) .	0,00001176	0,001189
Platin (geschmolzen) . .	0,00000899	0,000907
Gold do. . .	0,00001443	0,001451
Silber do. . .	0,00001921	0,001936
Kupfer (Lac superieur) . .	0,00001690	0,001708
do. (künstliches) . . .	0,00001678	0,001698
Eisen (weiches)	0,001210	0,001228
Zinn (Malacca)	0,00002234	0,002269
Blei (geschmolzen) . . .	0,00002924	0,002948
Zink (destillirtes)	0,00002918	0,002905
Aluminium (geschmolzen) .	0,00002313	0,002336
Wismuth (krystall.) . . .	0,00001346	0,001374

Nennt man die Längenausdehnung eines Körpers, für 1° des Thermometers = h, wobei die ursprüngliche Länge L die Einheit bildet, so findet man die Länge L' bei einer Temperaturerhöhung um t Grad: $L' = L\ (1 + h\ .\ t)$, in gleicher Weise findet man die Grösse der Fläche $F' = F\ (1 + h\ .\ t)^2$ und das Volum V' bei der t Grad höhern Temperatur: $= V' = V\ (1 + h\ .\ t)^3$.

Die Ausdehnung der Flüssigkeiten ist im Allgemeinen beträchtlich grösser als diejenigen der festen Körper. Von besonderer Wichtigkeit erscheint die genaue Feststellung der Ausdehnung des Quecksilbers, eines Metalls, dass in unseren Klimaten stets flüssig bleibt und daher fast ausschliesslich bei der Construction von Thermometern und Barometern verwandt wird. Nach älteren und unvollkommenen Untersuchungen von Roy hatte sich keine der Temperatur proportionale, sondern eine zunehmende Ausdehnung des Quecksilbers ergeben; doch fand Gay Lussac bei seinen Versuchen über die Ausdehnung der Luft den Gang des Quecksilberthermometers dem Zunehmen der Wärme direct proportional. Das Gleiche ergiebt sich aus neueren Untersuchungen von Recknagel, wie folgende Tafel zeigt:

Temperatur des Luftthermometers.	Temperatur des Quecksilberthermometers.
10°	10,06
20	20,10
30	30,13
40	40,14
50	50,13
60	60,12
70	70,09
80	80,06
90	90,03
100	100,00

Austritt bezeichnet in der Astronomie den Moment des Wiedererscheinens eines Gestirns, das eine Zeit lang, entweder von einem andern Himmelskörper verdeckt wurde, oder im Schatten desselben stand. Ebenso ist Eintritt der Moment des Verschwindens eines Gestirns hinter einem andern Weltkörper oder in dessen Schatten. Ausserdem gebraucht man die Bezeichnungen Ein- und Austritt bei den Vorübergängen des Merkur und der Venus vor der Sonne.

Bei den Sonnen- und Mondfinsternissen nennt man Anfang des Eintritts den Augenblick, in welchem der Mond den Sonnenrand berührt (und die Sonne zu verdecken beginnt), oder der Mond in den Erdschatten tritt. Ende des Eintritts ist der Augenblick, in welchem die Sonne oder der Mond ganz verdeckt ist. Der Anfang des Austritts findet statt, sobald ein Theil der Sonne oder des Mondes wieder sichtbar wird; der Augenblick des gänzlichen Austritts tritt dagegen ein, wenn Sonne oder Mond wieder vollständig sichtbar werden.

Bei den Sternbedeckungen durch den Mond findet der Eintritt statt, sobald der Stern hinter die Mondscheibe eilt, der Austritt sobald er wieder sichtbar wird. Bei den Fixsternen findet dies voll-

ständig momentan statt; Planeten gebrauchen dagegen unter gleichen Verhältnissen um so mehr Zeit vollständig hinter die Mondscheibe zu treten und gänzlich auszutreten, je grösser ihr scheinbarer Durchmesser ist.

Bei den Vorübergängen des Merkur und der Venus vor der Sonne verhält es sich mit Ein- und Austritt genau so, wie bei den Sternbedeckungen, nur mit dem Unterschiede, dass die genannten Planeten nicht hinter die Sonnenscheibe treten, sondern als pechschwarze Kreise sich über dieselbe zu bewegen scheinen. Man unterscheidet bei den Ein- und Austritten dieser Planeten eine äussere und innere Berührung der Ränder. Die äussere Berührung findet statt, wenn der Planet ausserhalb der Sonnenscheibe den Rand derselben berührt, die innere Berührung, wenn er innerhalb der Sonnenscheibe steht und den Rand derselben in einem Punkte berührt.

Die Ein- und Austritte der Jupitersmonde in und aus dem Schatten ihres Hauptplaneten, sind Analoga der Erscheinungen, welche bei einer Mondfinsterniss eintreten, nur finden sie, wegen der geringen scheinbaren Durchmesser jener entfernten Trabanten, fast momentan statt.

Ausweichung, s. Elongation.

Auzout, Adrien, geboren in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts zu Rouen, gestorben 1691 zu Rom, Mitglied der Pariser Akademie, beobachtete den Kometen vom Dezember 1644 und machte sich um die Verbesserung der Fernrohre verdient.

Averrhoës, berühmter arabischer Astronom, Geburtsjahr unbekannt, gestorben 1198 zu Marocco. Er soll den Planeten Merkur bei seinem Durchgange vor der Sonne gesehen haben, eine Beobachtung, die besser durch Sonnenflecke erklärt wird. A. war ein vielseitig gebildeter, in der Philosophie, Astronomie und Medizin wohl erfahrener Mann und Oberrichter in Kordova und Marocco. Eine Zeit lang nach Fez verbannt, berief ihn der Khalif Almansor zurück und setzte ihn wieder in alle seine Aemter ein.

Axe bezeichnet in der Geometrie bei Curven diejenigen Grade, gegen welche die krumme Linie symmetrisch liegt. Körper, welche von krummen Flächen begrenzt sind, haben dann eine geometrische Axe, wenn die Mittelpunkte von parallelen und ähnlichen Ebenen, welche man durch jene Körper legen kann, in einer geraden Linie liegen.

Bei Linsengläsern nennt man die, die Mittelpunkte ihrer beiden Oberflächen verbindende Grade, Axe; beim Fernrohre die Grade, welche sämmtliche Axen der einzelnen Gläser miteinander verbindet. Bei optischen Spiegeln (sphärischen und parabolischen) ist diejenige gerade Linie die Axe, durch welche man eine beliebige Anzahl von Ebenen legen kann, die sämmtlich gleiche Durchschnittslinien mit der Oberfläche des Spiegels machen. In der Mechanik nennt man Axe diejenige gerade Linie, welche in Ruhe bleibt, während jeder andere Punkt des Körpers sich in Kreisen um sie herumbewegt.

Durch die Umdrehung um eine Axe, die Axendrehung, erhält jedes Theilchen des in Drehung befindlichen Körpers, welches sich

ausserhalb dieser Axe befindet, das Bestreben, sich in einer, senkrecht zur Axe stehenden Richtung von dieser zu entfernen. Bei Körpern, deren einzelne Theilchen verschiebbar sind (also bei flüssigen), bringt dieses Bestreben eine Veränderung in der Gestalt derselben hervor, bei festen Körpern ist solches nicht möglich und es findet ein Druck auf die Axe statt. Dieser Druck verschwindet nur da, wo die Masse des Körpers allerseits symmetrisch um die Axe vertheilt ist, indem die Wirkung jedes einzelnen Theilchen durch die entgegengesetzte des gegenüberstehenden aufgehoben wird. Eine Axe, wobei dies stattfindet, wird eine freie Axe genannt. Die Axen sämmtlicher rotirenden Himmelskörper sind freie Axen. Die mathematische Untersuchung ergiebt, dass für den Schwerpunkt eines Körpers drei senkrecht auf einander stehende Hauptaxen existiren, und dass, wenn der Körper sich um eine derselben dreht, es gar keiner Kraft bedarf, um die Axe zu halten. So lange ein Körper rotirt, bedarf es einer verhältnissmässig bedeutenden Kraft, um die freie Axe zu verrücken, weil die Schwungkraft jedes einzelnen Theilchen in der angenommenen Lage der Rotation zu erhalten strebt. Für die Erde z. B. würde es der Versetzung des ganzen Himalayagebirges in die Nähe eines der Pole bedürfen, um die Rotationsaxe auch nur um einen höchst geringen Betrag zu verrücken.

Azimuth, ein arabisches Wort, dessen ursprüngliche Bedeutung nicht mehr bekannt ist, bezeichnet den Bogen des Horizonts, der zwischen dem Südpunkte und dem durch den Scheitelpunkt des Beobachters gehenden Verticalkreise eines Gestirnes liegt. Man zählt das Azimuth von Süden aus entweder nach Osten oder nach Westen, und zwar gewöhnlich bis 180° fort. Durch Azimuth und Höhe ist der Ort eines Sternes am Himmel für die angegebene Zeit völlig bestimmt. Da sich Azimuth und Höhe der Sterne im Allgemeinen stets und gleichzeitig ändern, so kann durch diese Angaben allein der Ort eines Sternes am Himmelsgewölbe nie bestimmt werden, wenn nicht die genaue Zeit, auf welche sich Azimuth und Höhe beziehen, mit angegeben sind.

Azur wird die himmelblaue Farbe und daher auch allgemeiner das wolkenlose Himmelsgewölbe genannt.

Babinet, Jacques, berühmter französischer Physiker, geboren am 5. März 1794 zu Lusignan im Departement Vienne, wählte ursprünglich die militärische Carrière, ging dann aber zu den Naturwissenschaften über, ward Professor der Mathematik zu Fontenay-le-Comte, dann Professor der Physik zu Poitiers und schliesslich am Collège St. Louis in Paris. Im Jahre 1840 wurde er zum Mitgliede der Pariser Akademie ernannt. Seine Arbeiten erstrecken sich fast über das ganze Gebiet der physikalischen Wissenschaften, besonders aber über die Phänomene des Lichtes.

Baco, Roger, geboren 1214 bei Ilchester in der englischen Grafschaft Somerset, gestorben am 11. Juni 1294 zu Oxford, trat 1240 in den Franziscanerorden, wurde wegen seines öffentlichen Tadels der

Sittenlosigkeit seiner Ordensbrüder zweimal eingekerkert und erhielt erst nach dem Tode des Papstes Nicolaus IV. seine Freiheit wieder. Er bekleidete an der Universität Oxford den Lehrstuhl der Physik und Astronomie. Baco war ein scharfsinniger Kopf und für seine Zeit sehr bewandert in den Naturwissenschaften, weshalb er den Beinamen Doctor mirabilis erhielt.

Baco, Francis, Baron von Verulam, geboren am 22. Januar 1561 zu London, gestorben am 9. April 1626 zu London, der Bahnbrecher der exacten Methode in den Naturwissenschaften, von hohen Geistesanlagen aber moralisch verwerflichem Charakter. Nachdem er in Cambridge und Paris studirt hatte, rief ihn der Tod seines Vaters nach England zurück, wo er 1595 in's Parlament gewählt wurde. •Durch allerlei Mittel suchte er sich bei Hofe beliebt zu machen, ward aber später der Bestechung überwiesen und zu Schadenersatz und Haft im Tower verurtheilt. Doch war diese Verurtheilung nur Schein und Baco wurde wieder in's nächste Parlament berufen, ohne jedoch seinen Sitz einzunehmen. Baco besass umfassende Kenntnisse und bahnte den Weg für manche physikalische Entdeckungen; sein Hauptwerk führt den Namen Novum organon scientiarum und erschien 1620 zu London.

Baeyer, Johann Jacob, königl. preuss. Generallieutenant, geboren am 5. November 1794 zu Müggelheim bei Köpenik, vollführte mit Bessel die ostpreussische Gradmessung und allein die Küstenvermessung an der Ostsee. Baeyer hat sich in der neuesten Zeit um das Zustandekommen einer von Norwegen bis Süditalien reichenden Breitengradmessung, der sogen. mitteleuropäischen Gradmessung. hoch verdient gemacht.

Bahn der Himmelskörper nennt man die Curve, welche der Schwerpunkt derselben im Raume beschreibt. Gewiss bewegen sich alle Weltkörper ohne Ausnahme, allein in den meisten Fällen sind sie zu weit von uns entfernt, um diese Bewegung ohne Weiteres oder überhaupt erkennen zu können, bisweilen findet dieselbe auch in der Richtung unserer Sehlinie statt und ist dann gar nicht wahrzunehmen. Scheinbare Bahn der Himmelskörper heisst die Projection der wahren Bewegung auf der Himmelssphäre. Unmittelbar lässt sich nur die erstere wahrnehmen und es hat sehr viel Anstrengung gekostet, aus diesen Bewegungen die wahren Bahnen abzuleiten, wie dies die Bemühungen der Alten zur Erkenntniss des wahren Planetensystems zu gelangen, beweisen.

Da das von Newton entdeckte Prinzip der allgemeinen Anziehung durch alle Himmelsräume herrscht und da ihm alle Weltkörper unterworfen sind, so gelten für die Bewegungen dieser letzteren auch alle diejenigen Folgerungen, welche Newton mathematisch für den Fall der allgemeinen Anziehung abgeleitet hat. Hierzu zählt mit Bezug auf die Bahnen der Weltkörper die wichtige Consequenz, dass diese Bahnen nur Kegelschnitte sein können, also entweder Kreise, Ellipsen, Parabeln oder Hyperbeln. Näheres über die Natur dieser einzelnen Curven findet sich in den Artikeln Centralbewegung und Centralkraft; hier genügt es zu bemerken, dass von den vier möglichen Bahnformen

praktisch die Ellipse die Wahrscheinlichkeit der überwiegend grössten Häufigkeit hat. Der Kreis, obgleich nach der Meinung der Alten die vollkommenste Figur und diejenige Form der Bahn, welche man ausschliesslich für die Himmelskörper annehmen zu müssen glaubte, kommt thatsächlich, wie wir heute wissen, gar nicht vor. Die Bahnen der Kometen werden zwar meist als Parabeln betrachtet, doch geschieht dies nur der Einfachheit halber und weil wir nur ein verschwindend kleines Stück derselben direct in den Beobachtungen umfassen können und dieses Stück sich sehr gut einer Parabel anschliesst. Einzelne Kometen, die in mehrfachen Umläufen um die Sonne, zur Zeit ihres Periheliums, sind beobachtet worden, wurden gerade hierdurch als in elliptischen Bahnen einhergehend erkannt, für die meisten übrigen ist dies ungemein wahrscheinlich, aber die Berechnung wegen des zu geringen, direct beobachteten Bogenstücks der Bahn, zu unsicher. Da nun eine sehr lang gestreckte Ellipse, besonders in der Nähe der beiden Endpunkte ihrer grossen Axe, von einer passend gewählten Parabel sich nur ungemein wenig unterscheidet und ausserdem die Berechnung einer parabolischen Bahn die einfachere ist, so nimmt man diese Curve stets als erste Annährung für die Bahn eines Kometen an. In wenigen Fällen hat die sorgfältige Berechnung auch auf die hyperbolische Bahnform bei einigen Kometen geführt.

Die ersten Versuche, von wirklich wissenschaftlichen Principien ausgehend, die Bahn eines Himmelskörpers zu bestimmen, finden wir bei Kepler; sie führten zur Entdeckung der beiden wichtigen Gesetze, dass die Planetenbahnen Ellipsen sind, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht, und ferner, dass der Radius vector oder die gerade Linie von der Sonne zum Planeten in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume beschreibt. Diese beiden Gesetze fand Kepler aus fleissigen und scharfsinnigen Untersuchungen der Beobachtungen Tycho's über den Planeten Mars, welche er 1609 publicirte. Doch ist die Methode Kepler's nur dann anwendbar, wenn wenigstens die Umlaufszeit des Planeten bekannt ist. Die Entdeckung der kleinen Planeten im Anfange unsers Jahrhunderts machte es nothwendig, auch für den Fall eine genügende Lösung des Problems zu haben, in welchem ein Planet nur während eines verhältnissmässig kurzen Theiles seiner Umlaufsdauer beobachtet worden ist. Nach vielen vergeblichen Bemühungen der hervorragendsten Mathematiker löste endlich Gauss 1809 die Aufgabe so vollkommen, dass man seiner Arbeit bis jetzt nichts Wesentliches hinzuzufügen vermochte. Das Problem war streng genommen übrigens schon bei Entdeckung des Uranus durch W. Herschel an die Astronomen herangetreten, doch konnte man sich damals, bei der sehr langsamen Bewegung dieses Planeten und weil man ältere Beobachtungen auffand, mit der Annahme einer kreisförmigen Bahn vorerst helfen. Die Bahnbestimmung von Kometen wurde erst möglich, nachdem Borelli 1664 und klarer Dörfel 1680 darauf hingewiesen hatten, dass sich diese Weltkörper in parabolischen Linien bewegen, in deren Brennpunkte die Sonne steht. Unter dieser Voraussetzung versuchte Newton zuerst eine Bahnberechnung bei dem grossen Kometen von

1680, später gab Halley bessere Methoden, die einfachste Berechnungsweise hat indess 1797 Olbers angegeben.

Bailly, Jean Sylvein, geb. am 15. September 1736 zu Paris, hingerichtet daselbst, am 12. Nov. 1793. Durch zufällige Bekanntschaft mit dem Astronomen Lacaille für die Sternkunde gewonnen, machte Bailly, noch jung, durch seine Arbeiten bald solches Aufsehen, dass er bereits 1763 Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften und bis 1785 sogar Mitglied aller drei französischen Akademien wurde, eine Ehre, die vor ihm nur Fontenelle zu Theil geworden war. Bei der Zusammenberufung der Stände im Jahre 1789 erschien Bailly als einer der Abgeordneten des dritten Standes, ward erster Präsident der Versammlung und Maire von Paris. Die immer höher gehenden Wogen der Revolution, denen er vergebens entgegen zu arbeiten suchte, bewogen ihn, am 12. Novbr. 1791 sein Amt als Maire niederzulegen und in die Stille des Privatlebens zurückzutreten. Er zog nach Nantes und von hier nach Melun, wo er auf Befehl der Schreckensmänner verhaftet und nach Paris gebracht wurde. Angeklagt, die Flucht des Königs begünstigt zu haben, war sein Urtheil schon von vorn herein gesprochen und sein Haupt fiel unter der Gouillotine. Bailly hat sich um die Theorie des Jupiterssatelliten verdient gemacht, sein Hauptwerk bildet jedoch die Geschichte der Astronomie, die freilich manche Ueberschwänglichkeiten enthält.

Baily, Françis, geb. am 28. April 1774 zu Newbury in Berkshire, gest. am 30. August 1844 zu London, ursprünglich Kaufmann, wandte sich jedoch bald der Astronomie zu, ward Mitglied der Roy. Society und später Präsident der Astronomical Society in London, deren Memoiren viele Abhandlungen von ihm enthalten.

Bartholin, Erasmus, geb. am 13. August 1625 zu Ronskilde, gest. am 4. Nov. 1698 zu Kopenhagen, bereiste von 1646—1656 einen grossen Theil von Europa, wurde dann Professor der Mathematik und später der Medicin an der Universität Kopenhagen. Er entdeckte zuerst (1669) die Doppelbrechung des Lichtes in einem isländischen Kalkspathe und schrieb viele mathematische Abhandlungen.

Bartsch, Jacob, geb. 1600 zu Lauban in der Lausitz, gest. am 26. Decbr. 1633 ebendaselbst, war der Schwiegersohn Kepler's, verfasste mehrere astronomische Schriften und half Kepler zum Theil bei dessen Rechnungen.

Basis heisst in der Geodäsie die gerade Linie, welche mittels Maassstäben genau ausgemessen wird und deren beide Endpunkte den Ausgang der Winkelmessungen bilden. Die trigonometrischen Messungen zwischen einer Reihe zerstreuter Punkte, können nur relative, aber keine absolute (in irgend einem bestimmten Längenmaasse ausgedrückte) Entfernungen geben, wenn nicht wenigstens eine Linie direct mittels dieser Längenmaasse gemessen worden ist. Die genaue Abmessung dieser Linie oder der Basis, ist ein Hauptgeschäft bei allen trigonometrischen Operationen, weil sich jeder Fehler, der dabei begangen wird, im Verhältniss der Ausdehnung der trigonometrischen Messungen vergrössert. Die Basis wird auf möglichst ebenem Boden bestimmt

und die Länge, welche man ihr am vortheilhaftesten zu geben hat, nimmt man verschieden an. Die Messung selbst geschieht mit Stangen, wobei ein Hauptaugenmerk auf die Temperatur genommen wird, die bekanntlich alle Metalle etc. ausdehnt. Als Maasseinheit gilt meist die Toise.

Baumhauer, Eduard Heinrich von, geb. am 18. Septbr. 1820 zu Brüssel, ward Professor der Physik und Chemie zu Mastricht und später zu Amsterdam. Unter seinen Arbeiten zeichnen sich die chemischen Analysen verschiedener Meteorsteine, durch grosse Genauigkeit aus.

Bayer, Johann, war um 1600 Rechtsanwalt in Augsburg und lieferte in seiner Uranometria (1603) zuerst Himmelskarten, auf denen die Sterne durch griechische und lateinische Buchstaben bezeichnet wurden.

Beccaria, Giacomo Battista, geb. am 3. Octbr. 1716 zu Mondovi, gest. am 27. Mai 1781 zu Turin, ein seiner Zeit hochberühmter Physiker, seit 1748 Professor an der Universität zu Turin. Er führte in Piemont gemeinschaftlich mit Canonica eine Gradmessung aus, die den heutigen Anforderungen freilich nicht mehr entspricht.

Bedeckungen oder Occultationen der Gestirne werden diejenigen Erscheinungen genannt, wobei ein Gestirn durch das Davortreten eines andern unsern Blicken für eine gewisse Zeit entschwindet. Fixsterne und Planeten werden durch den Mond bedeckt, Planeten können einander auch selbst bedecken, ebenso Fixsterne in Folge ihrer Eigenbewegungen. Die Sonnenfinsternisse sind nichts als Bedeckungen der Sonne durch den Mond. Die Bedeckungen der Fixsterne durch den Mond sind von grosser Wichtigkeit für die Bestimmung der geographischen Länge. Sie werden daher auch in den astronomischen Jahrbüchern stets vorausberechnet.

Beer, Wilhelm, geb. am 4. Januar 1797 zu Berlin, gest. ebenda am 27. März 1850, der Sohn eines reichen Banquiers, lernte den jungen Mädler kennen, der sich als Dilettant mit Astronomie beschäftigte und ward durch diesen für die Sternkunde begeistert. Er bezog von München ein grösseres Fernrohr und unternahm mit Mädler eine topographische Aufnahme des Mondes nach den Principien von Lohrman, später folgten noch Planetenbeobachtungen.

Benzenberg, Johann Friedrich, geb. am 5. Mai 1777 zu Schöller im Bergischen, gest. am 8. Juni 1846 zu Bilk, war von 1805—1810 Professor der Mathematik und Physik am Lyceum in Düsseldorf, machte dann grosse Reisen und stiftete 1844 die kleine Sternwarte Bilk bei Düsseldorf. Von seinen Arbeiten sind diejenigen über die Gesetze des Falls auf der rotirenden Erde und über die Sternschnuppen erwähnenswerth.

Bessel, Friedrich Wilhelm, geb. am 22. Juli 1784 zu Minden, gest. am 17. März 1846 zu Königsberg, der grösste Astronom der Neuzeit, der in seltenem Grade Beobachter und Theoretiker war. Nach kurzem Besuche des Gymnasiums trat er, kaum 14 Jahre alt, 1799 in ein Bremer Handlungshaus als Lehrling ein. In seinen Freistunden beschäftigte er sich hier mit dem Studium der Nautik und wurde da-

durch auf die Mathematik und Astronomie geleitet. Eine Bahnbestimmung des Halley'schen Kometen, welche er Olbers vorlegte, verschaffte ihm die Gunst dieses berühmten Gelehrten, durch dessen Vermittelung er als Observator nach Lilienthal an die Privatsternwarte Schöter's kam. Im Jahre 1810 wurde Bessel von hier als Director der neu zu erbauenden Sternwarte und Professor der Astronomie an der Universität, nach Königsberg berufen. Durch seine Anstrengungen erhob sich die neue Sternwarte bald zur ersten Europas; nicht allein die grosse Anzahl, sondern hauptsächlich die Genauigkeit der von dort stammenden Beobachtungen, erregte mit Recht die Bewunderung der Welt. Populär wurde der Name Bessel hauptsächlich durch die erste Parallaxenbestimmung eines Fixsterns, die sich daran knüpft, obgleich gerade diese Arbeit, wie die Beobachtungen von Struve und die Untersuchungen von Auwers später gezeigt haben, eine der schwächern ist. Es ist nicht möglich auf alle Arbeiten Bessel's auch nur annähernd hier einzugehen; es muss genügen zu bemerken, dass alle diese Untersuchungen während weniger als einem halben Menschenleben auch nur von einem Manne ausgeführt werden konnten, der bei eisernem Fleisse eine eiserne Constitution besass, den keine Anstrengung, keine Mühe, keine Nachtwachen erschöpften, einem Manne der seine Erholung in der Arbeit selbst fand.

Von Bessel's Arbeiten mögen hier noch genannt werden: „Fundamenta Astronomiae pro anno 1755 deducta ex observ. viri in comparabilis J. Bradley, Königsberg 1818," dieses Werk giebt in der That die Fundamente der Astronomie, da es die Grundlage zur Reduction aller astronomischen Beobachtungen bildet und ohne welches die letzteren eigentlich wenig verwerthbar sein würden; „Untersuchungen über die scheinbare und wahre Bahn des grossen Kometen von 1807", ein für ähnliche Arbeiten mustergültiges Werk; „Gradmessung in Ostpreussen, Berlin 1838," enthält die Resultate der Messungen und die Berechnung derselben nebst wichtigen Bemerkungen über Gegenstände aus dem Gebiete der höhern Geodäsie." Die Beobachtungen auf der Königsberger Sternwarte sind niedergelegt in den 21 Bänden der „Astronomischen Beobachtungen auf der K. Sternwarte zu Königsberg von 1815—1844"; ausserdem hat Bessel über 350 einzelne Abhandlungen veröffentlicht, worunter die wichtigsten: „Ueber die Entfernung des Sternes 61 im Schwan," in Bohnenb. Zeitschrift für Astronomie 1840, „Untersuchungen über die Länge des einfachen Secundenpendels; Bestimmung der Länge desselben für Berlin", „Untersuchungen über die Bahn des Olber'schen Kometen" u. s. w. in Schumacher's astronomischen Abhandlungen.

Bewegung ist Ortsveränderung und der Gegensatz von Ruhe. Man unterscheidet wahre und scheinbare Bewegung, jene ist die, welche ein Körper wirklich besitzt, diese ist diejenige, welche man unmittelbar wahrnimmt. Ferner nennt man absolute Bewegung die Ortsveränderung eines Körpers überhaupt, relative hingegen die Ortsveränderung in Bezug auf einen beliebigen Punkt.

Bewegung kann nur durch ein Etwas hervorgebracht werden, was

man Kraft nennt; ohne Einwirkung irgend einer Kraft zeigt die Materie kein Bestreben zur Bewegung, sie ist träge. Alle Bewegung erfordert Zeit, doch kann letztere in einzelnen Fällen so gering sein, dass sie für die unbewaffneten Sinne nicht mehr wahrnehmbar ist. Aus der Vergleichung der Zeit mit dem durchlaufenen Raume resultirt der Begriff der Geschwindigkeit. Bei gleichmässiger Bewegung ist die Geschwindigkeit in jedem Momente constant, bei ungleichmässiger Bewegung verändert sie sich. Ein und dieselbe Kraft bringt bei Körpern von verschiedener Masse keineswegs gleiche Geschwindigkeiten hervor, vielmehr verhalten sich diese umgekehrt wie die in Bewegung gesetzten Massen. Ein Körper von doppelter Masse wird nur $1/2$ der Geschwindigkeit erlangen, mit der sich die Masseneinheit bewegt, die von derselben Kraft wie jene in Bewegung gesetzt wird.

Quantität der Bewegung nennt man die Kraft, welche ein bewegter Körper in Folge seiner Bewegung gegen andere Körper auszuüben im Stande ist, sie ist gleich dem Producte der Masse und der Geschwindigkeit. Die Kraft, welche eine gegebene Masse von gegebener Geschwindigkeit in Erzeugung von Bewegung ausübt, wird das mechanische Moment genannt.

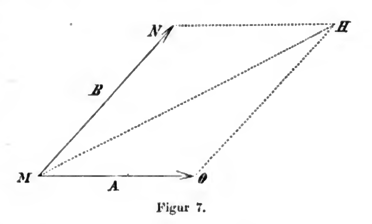
Gleichförmig beschleunigt wird eine Bewegung genannt, wenn die Geschwindigkeit in gleichen Zeiträumen um gleich viel zunimmt. Eine solche Bewegung entsteht, wenn eine unveränderliche Kraft ununterbrochen auf einen Körper wirkt, wie dies z. B. beim freien Falle stattfindet. Es verhält sich hierbei natürlich die dem Körper mitgetheilte Geschwindigkeit wie die Zeit während deren die unveränderliche Kraft auf ihn wirkte; der Körper hat also nach 2, 3, 4 u. s. w. Secunden, eine 2-, 3-, 4- etc. mal grössere Geschwindigkeit als am Ende der ersten Secunde. Was den Weg anbelangt, den der Körper in jedem einzelnen Zeittheilchen zurücklegt, so ergiebt sich dieser leicht durch folgende Betrachtung. Denken wir uns, die Beschleunigung wirke continuirlich, so wird die Geschwindigkeit offenbar nach der Hälfte des ersten Zeittheilchens um eben so viel grösser als die mittlere Geschwindigkeit sein, als sie vor der Hälfte des ersten Zeittheilchens kleiner war. Der Körper bewegt sich also in dem ganzen Zeittheilchen durch denselben Raum, durch welchen er sich mit seiner mittleren Geschwindigkeit bewegt haben würde. Bestimmen wir nun diese mittlere Geschwindigkeit für die verschiedenen Zeittheilchen, so finden wir als Anfangsgeschwindigkeit für das erste Zeittheilchen 0, als Endgeschwindigkeit a, die mittlere Geschwindigkeit ist also $1/2$ a und der durchlaufene Weg ebenfalls $= 1/2$ a. Im zweiten Zeittheilchen beginnt der Körper mit der Geschwindigkeit a und erlangt die Endgeschwindigkeit 2 a, die mittlere Geschwindigkeit ist also $\frac{3\,a}{2}$, für das dritte Zeittheilchen findet sich dieselbe $= \frac{5\,a}{2}$, für das vierte $= \frac{7\,a}{2}$ u. s. w., die durchlaufenen Wege sind daher auch resp. $\frac{3\,a}{2}$, $\frac{5\,a}{2}$, $\frac{7\,a}{2}$, sie wachsen demnach wie die ungeraden Zahlen. Suchen wir den Gesammt-

weg, welchen der Körper in einer beliebigen Anzahl von Zeittheilchen durchläuft, so brauchen wir nur die Wege, welche er in jedem einzelnen Zeittheilchen zurücklegte, zu addiren. Für 3 Zeittheilchen ergiebt sich z. B.: $\frac{1}{2} a + \frac{3 a}{2} + \frac{5 a}{2} = \frac{9 a}{2}$, für 4 Zeittheilchen: $\frac{1}{2} a + \frac{3 a}{2} + \frac{5 a}{2} + \frac{7 a}{2} = \frac{16 a}{2}$, für 5 Zeittheilchen findet man $\frac{25 a}{2}$, für 6 Zeittheilchen: $\frac{36 a}{2}$. Die Zahlen 9, 16, 25, 36 sind aber die Quadratzahlen von 3, 4, 5, 6 oder der Menge von Zeittheilchen während welcher sich der Körper bewegte. Der Gesammtweg eines gleichförmig beschleunigten Körpers ist also in 3, 4, 5 etc. Zeittheilchen (Secunden etc.) 9, 16, 25 etc. mal grösser als im ersten Zeittheilchen, er verhält sich also wie die Quadratzahl der Zeiten.

Eine gleichförmig verlangsamte Bewegung entsteht, wenn einem gleichförmig bewegten Körper durch eine unveränderliche Kraft in seiner Bewegung gerade entgegengewirkt wird. Hierdurch verliert der Körper offenbar immer mehr und mehr von seiner Geschwindigkeit und er bleibt nach einer gewissen Zeit entweder still stehen, oder schlägt unter dem alleinigen Einflusse der entgegenwirkenden Kraft den Rückweg ein. Die Dauer der Bewegung in der ursprünglichen Richtung ist gleich der Anfangsgeschwindigkeit dividirt durch die in der Zeiteinheit erfolgte Verminderung derselben.

Mit Ausnahme der Rotationsbewegungen kommen in der Astronomie meist nur ungleichförmige Bewegungen vor; die Planeten bewegen sich nicht stets gleich schnell, die Bewegung des Mondes ist sehr ungleichförmig u. s. w. Alle diese Verhältnisse werden an den betreffenden Stellen dieses Werkes eingehender abgehandelt, als es hier thunlich erscheint. Dagegen ist es hier der Ort, noch einiges über die zusammengesetzte Bewegung zu bemerken. Ein Körper kann ebensogut wie von einer, auch von zwei und mehreren bewegenden Kräften gleichzeitig beeinflusst werden. Sind zwei auf einen Körper wirkende Kräfte gleich stark und in ihren Wirkungen einander entgegengesetzt, so heben sie sich offenbar gegenseitig auf und der Körper wird von ihnen nicht weiter beeinflusst. Sind beide Kräfte entgegengesetzt, aber in ihren bewegenden Wirkungen ungleich, so bewegt sich der Körper im Sinne der grössern Kraft, aber mit einer Geschwindigkeit, welche der Differenz der Geschwindigkeiten welche ihm jede der beiden Kräfte verleihen würde, gleich ist. Wirken beide bewegende Kräfte in derselben Richtung, so bewegt sich der Körper mit der Summe der Geschwindigkeiten, welche jede einzelne Kraft ihm verleihen würde. Wirken zwei Kräfte auf einen Körper unter einem beliebigen Winkel, so bewegt sich der Körper in der Diagonale, welche durch die Richtung und Intensität der beiden Kräfte gegeben ist. Dieser Satz, bekannt unter dem Namen des Parallelogramms der Kräfte, lässt sich mittels einer Figur sehr einfach verdeutlichen. Der Körper M (Fig. 7) werde durch die Kraft A in der Zeiteinheit nach O geführt, gleichzeitig aber von der Kraft B

der Art beeinflusst, dass er ihrem Impulse allein folgend, in derselben Zeiteinheit nach N gelangen würde. Offenbar kann er keiner der beiden Kräfte ausschliesslich folgen, er wird vielmehr den Weg MH einschlagen. Man erhält diesen Weg wenn man parallel zu MO in O die Linie NH = MO, ferner parallel zu MN in O die Linie HO = MN anlegt und die Diagonale von H nach M zieht.



Figur 7.

Das so eben erklärte Prinzip lässt sich, wie man sofort sieht, auch benutzen, um die Bewegung eines Körpers unter dem Einflusse von mehr als zwei Kräften darzustellen, so bald deren Richtungen und Intensitäten bekannt sind.

Bianchini, Franzesco, geb. am 13. December 1662 zu Verona, gest. am 2. Mai 1729 zu Rom, war Bibliothekar des Cardinals Ottoboni, später päpstlicher Kammerherr und wegen seiner astronomischen Studien Secretair der Kalendercongregation. Bianchini machte seinen Namen hauptsächlich bekannt durch die aus seinen Beobachtungen (1726) abgeleitete Venusrotation von ca. 24 Tagen, die der Cassini'schen von $23\frac{1}{3}$ Stunden entgegenstand. Die Neuzeit hat Cassini Recht gegeben.

Biela, Wilhelm von, geb. am 19. März 1782 zu Rosslau im Harz, gest. am 18. Februar 1856 zu Venedig, machte als Hauptmann in österreichischen Diensten die Feldzüge von 1805, 1809 und die Befreiungskriege mit und ward 1832 Platzcommandant von Rovigo. Seinen Namen machte er bekannt durch Entdeckung und Bahnberechnung des nach ihm benannten Kometen von kurzer Umlaufszeit, ausserdem entdeckte er noch zwei Kometen am 30. December 1823 und 14. Januar 1831.

Binocular-Telescop nennt man die Verbindung von zwei Fernrohren der Art, dass man gleichzeitig mit beiden Augen nach einem Objecte sehen kann. Ausser einigen gelegentlichen Versuchen, sind derartige grössere Instrumente, denen gewisse Vorzüge vielleicht nicht abzusprechen sind, niemals in die Praxis gekommen. Nur kleinere Theaterferngläser werden in dieser Weise construirt.

Biot, Jean Baptiste, geb. 1774 am 21. April zu Paris, gest. am 3. Febr. 1862 ebendaselbst, ein ausgezeichneter Physiker, Mitglied dreier Klassen der französischen Akademie. Seine ersten Arbeiten bezogen sich auf Physik und Astronomie und diese Wissenschaften waren es auch, welche ihn bewogen, die anfänglich gewählte militärische Laufbahn zu verlassen. Biot's hauptsächlichste Entdeckung ist die der Circularpolarisation des Lichtes; im Verein mit Arago beendigte er die grosse französische Gradmessung. Seine hauptsächlichsten Werke sind: Physique expé-

rimentale, 4 Bde., 1816, Traité d'astronomie, 2. Aufl., 1850, 6 Bde., ausserdem eine sehr grosse Menge wissenschaftlicher Abhandlungen.

Biot, Eduard, Sohn des vorigen, geb. am 2. Juli 1808 zu Paris, gest. am 12. März 1850 ebendaselbst, Civilingenieur und genauer Kenner der chinesischen Sprache, baute die erste französische Eisenbahn, machte sich um die Astronomie verdient durch Uebersetzung chinesischer Annalen, welche Nachrichten über Kometen, Meteoriten etc. enthalten.

Bird, John, geb. gegen 1709, gest. am 31. März 1776 zu London, machte sich zu seiner Zeit durch Verfertigung sehr genauer astronomischer Instrumente, besonders Mauerquadranten, berühmt; mit seinen Instrumenten beobachtete Bradley.

Blair, Robert, früher Schiffsarzt, gest. im December 1828, war der Erste, der L. Euler's Vorschlag achromatische Fernrohre durch Füllung der Objectivlinse mit gewissen Flüssigkeiten zu construiren, verwirklichte.

Blanpain, geb. 1779, gest. am 6. August 1843 als Director der Sternwarte zu Marseille, entdeckte den Kometen von 1819.

Bode, Johann Elert, geb. am 19. Januar 1747 zu Hamburg, gest. am 23. November 1826 zu Berlin als pensionirter Director der dortigen Sternwarte. Bode war lange Jahre hindurch der Hauptrepräsentant der deutschen Astronomie, theils durch das von ihm seit 1776 ununterbrochen herausgegebene astronomische Jahrbuch, theils durch seine grosse Fruchtbarkeit als astronomischer Schriftsteller. Seine „Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels“ hat sich noch heute in neuen Auflagen erhalten; seine einst berühmten Sternkarten sind veraltet und längst durch Besseres ersetzt. Ein eigentlicher Beobachter war Bode nicht, auch hinderte der klägliche Zustand der Berliner Sternwarte an exacten Arbeiten.

Boguslawski, Palon Heinrich Ludwig von, geb. am 7. Sept. 1789 zu Magdeburg, gest. am 5. Juni 1851 zu Breslau, war ursprünglich Artillerieofficier, dann Conservator, endlich (1836) Director der Sternwarte und Professor der Astronomie in Breslau. Er hat sich besonders um die Sternschnuppenbeobachtungen verdient gemacht, ausserdem am 20. April 1835 einen Kometen entdeckt.

Boguslawski, Gustav von, geb. am 7. Dezember 1827 bei Breslau, Sohn des Vorigen, Lehrer an der Navigationsschule bei Stettin, hat sich um die chronologische Zusammenstellung aller beobachteten Meteore, dann auch durch Beobachtungen derselben, um die Theorie der Sternschnuppen sehr verdient gemacht.

Bohnenberger, Johann Gottlieb Friedrich von, geb. am 5. Juni 1765 zu Simmozheim im Schwarzwalde, gest. am 19. April 1831 zu Tübingen, war anfänglich Pfarrvicar, dann Professor der Mathematik und Astronomie an der Universität zu Tübingen. Seine „Anleitung zu geographischen Ortsbestimmungen” verschaffte ihm schon früh einen geachteten Namen in der astronomischen Welt; mit v. Lindenau gab er später (1816) die Zeitschrift für Astronomie heraus, die indess trotz der ausgezeichnet geführten Redaction nach zweijährigem Bestehen einging.

Bouguer, Pierre, geb. am 16. Februar 1698 zu Croisie in der Nieder-Bretagne, gest. am 15. August 1758 zu Paris, berühmter Physiker und einer der Hauptttheilnehmer an der peruanischen Gradmessung, deren Resultate er 1749 in dem Werke „La figure de la terre“ veröffentlichte. Er versuchte die Attraction des Chimborasso, so weit sie sich in der Ablenkung des Lothes bemerklich macht, zu messen, erfand das Heliometer und erwarb sich um die Vervollkommnung der wissenschaftlichen Photometrie wesentliche Verdienste.

Bouliau, Ismael, bekannt unter dem Namen Bullialdus, geb. am 28. September 1605 zu Laudun, gest. am 25. November 1694 zu Paris, studirte zuerst Jurisprudenz, dann Theologie und schliesslich Mathematik und Astronomie, begleitete den Gesandten de Thou nach Holland und machte hierauf grosse Reisen, worauf er sich in Paris niederliess und als Priester in der Abtei St. Victor starb. Er bestimmte genauer die Periode des Lichtwechsels von o im Walfische, beobachtete verschiedene Kometen und Finsternisse und schrieb einige mathematische Schriften.

Bouvard, Alexis, geb. am 27. Juni 1767 in einem Dorfe bei Chamouny, gest. am 7. Juni 1843 zu Paris, schwang sich vom armen Schafhüter zu einem der ersten Astronomen und Physiker Frankreichs empor. Seine Tafeln des Jupiter, Saturn und später des Uranus zeichneten sich durch hohe Schärfe aus, auch entdeckte er mehrere Kometen. Für Laplace's Mechanik des Himmels hat Bouvard sämmtliche Rechnungen ausgeführt.

Bradley, James, geb. 1692 zu Shireborn in Gloucester, gest. am 13. Juli 1762 zu Chalford in Gloucester, der grösste astronomische Beobachter seiner Zeit, Entdecker der Aberration und Nutation, auf dessen Beobachtungen ein grosser Theil der heutigen Astronomie beruht. Bradley hatte sich anfangs der Theologie zugewandt und wurde Pfarrer, ging aber dann zur Astronomie über, erhielt 1721 die Stelle als Professor der Astronomie an der Universität zu Oxford, dann 1741 das Directorat der Sternwarte Greenwich. Der Zenithsector mit dem er die Aberration entdeckte wird noch aufbewahrt und hat bei der Maclear'schen Gradmessung am Cap die wesentlichsten Dienste geleistet.

Brahe, Tycho, geb. am 14. December 1546 zu Knudstrup bei Helsigborg, gest. 1601 am 13. October (a. Styls) zu Prag, der Bradley des siebzehnten Jahrhunderts, auf dessen astronomische Beobachtungen gestützt, Kepler seine berühmten Gesetze der Planetenbewegung fand. Tycho stammte aus einem altadeligen Geschlechte und wandte sich, veranlasst durch das genaue Eintreffen der vorherberechneten Sonnenfinsterniss vom 21. August 1560, trotz des Spottes seiner adeligen Verwandtschaft der Astronomie zu. König Friedrich II. von Dänemark schenkte ihm 1576 die Insel Heveen, woselbst Tycho mit grossen Kosten jene kostbaren Instrumente aufstellte, die er allein nur genügend zu benutzen verstand. Nach dem Tode seines königlichen Gönners vertrieben, wandte er sich nach Deutschland, lebte eine Zeit lang beim Grafen Ranzau zu Wandsbeck, trat aber 1599 in die Dienste Kaiser Rudolf's der ihm bei Prag eine Sternwarte errichten

liess, woselbst er bereits 2 Jahre später mit dem berechtigten Ausrufe starb: „Ich habe nicht umsonst gelebt!“ Tycho war ein scharfsinniger Astronom, doch hing er nebenbei der Alchemie und Sterndeuterei an und soll dem copernianischen entgegen, ein Planetensystem aufgestellt haben, dessen Haltlosigkeit Niemand besser als er selbst zu beurtheilen vermochte.

Brandes, Heinrich Wilhelm, geb. am 27. Juli 1777 zu Graden bei Ritzebüttel, gest. am 17. Mai 1834 zu Leipzig, angesehener Physiker, war anfänglich Deichconducteur an der untern Weser, dann (1811) Professor der Mathematik an der Universität zu Breslau, schliesslich, seit 1826, Professor der Physik an der Universität Leipzig. Mit Benzenberg beobachtete er gegen Ende des vorigen Jahrhunderts fleissig die Sternschnuppen über die er verschiedene interessante Aufsätze publicirte, ausserdem existiren viele, meist populäre mathematische und astronomische Schriften von ihm.

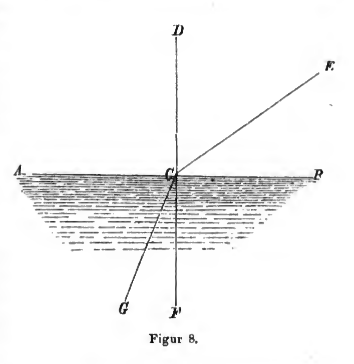
Brechbarkeit ist die Eigenschaft der Lichtstrahlen beim Uebergange aus einem in den andern durchsichtigen Körper, die bisherige Richtung zu verändern. Das weisse Licht besteht aus Strahlen von verschiedenen Farben; diese Strahlen sind ungleich brechbar, wie Newton zuerst gefunden hat, und zwar die rothen am wenigsten und die violetten am stärksten. Wenn man ein Bündel weissen Sonnenlichtes in einem dunklen Zimmer durch ein dreikantig geschliffenes Glas (ein sogenanntes Prisma) hindurchgehen und auf ein Blatt weisses Papier fallen lässt, so erblickt man in Folge der verschiedenen Brechbarkeit der einzelnen Strahlen welche das weisse Licht zusammensetzen, eine Reihe von Farben, das sogen. Spectrum, die in dem Maasse mit der Richtung des ursprünglichen Strahles verschoben erscheinen, als die einzelnen farbigen Strahlen stärker brechbar sind. Genauere Bestimmungen der Grösse der Brechbarkeit der einzelnen farbigen Strahlen hat Fraunhofer gegeben, gestützt auf die Entdeckung der sogen. Fraunhofer'schen Linien (s. d.).

Brechung der Lichtstrahlen nennt man die Aenderung der Richtung, welche ein Lichtstrahl erleidet, der aus einem durchsichtigen Medium in ein anderes von grösserer oder geringer Dichtigkeit übergeht. Ein populäres, schon den Alten bekanntes Beispiel hierzu bietet ein schief in's Wasser gehaltener Stock, dessen unter Wasser befindlicher Theil geknickt erscheint. Diese Knickung oder Brechung beginnt, wie man sich leicht durch den Augenschein überzeugen kann, an der Oberfläche des Wassers, also da, wo Wasser und Luft sich trennen.

Es sei AB (Fig. 8) ein Durchschnitt der Wasseroberfläche, FC eine Lichtstrahl der in C die Oberfläche des Wassers berührt und in Folge der Brechung die Richtung CG einschlägt. Errichtet man senkrecht auf AB die Linie DF, welche durch C geht, so nennt man diese in der Physik das Einfallsloth und den Winkel DCE, welchen der einfallende Strahl mit dem Einfallsloth macht, den Einfallswinkel, während Winkel GCF, welchen der gebrochene Strahl mit dem Einfallsloth macht, Brechungswinkel genannt wird.

Einfallswinkel und Brechungswinkel liegen stets in derselben Ebene,

der Brechungsebene, die senkrecht zur Fläche des brechenden Mediums (also hier des Wassers) steht. Wenn der gebrochene Strahl einen kleinern Winkel mit dem Einfallslothe macht, als der einfallende Strahl, so sagt man, das Licht werde zum Einfallslothe gebrochen, andernfalls heisst es vom Einfallslothe. Jedesmal wenn Lichtstrahlen aus einem dünnern in ein dichteres Medium derselben Art (also z. B. aus dünnerer in dichtere Luft) übergehen, werden sie zum Einfallslothe gebrochen, ebenso wenn sie aus dem leeren Raume in ein durchsichtiges Medium eindringen. In sehr vielen Fällen werden die Lichtstrahlen auch zum Einfallslothe gebrochen, wenn sie aus einem minder dichten in ein dichteres Medium übergehen, das nicht derselben Art ist, z. B. aus Luft in Wasser. Bei senkrechtem Auffallen der Lichtstrahlen findet eine Brechung niemals statt.



Figur 8.

Eine Folge der Lichtbrechung in den verschiedenen dichten Luftschichten ist die eigentliche sogenannte Refraction, in Folge deren ein Beobachter an der Oberfläche die Gestirne höher über dem Horizont erblickt als sie wirklich stehen (s. Strahlenbrechung).

Kepler war der Erste, der sich genauer und anhaltend mit Untersuchungen zur Auffindung der Beziehung, in welcher Einfalls- und Brechungswinkel zu einander stehen, beschäftigte; allein erst Willibrod Snellius fand das wahre Brechungsgesetz nach welchem für ein und dieselbe Substanz der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels stets in einem bestimmten, unveränderlichen Verhältnisse steht. Die Zahl, welche dieses Verhältniss ausdrückt, wird Brechungsexponent genannt.

Bei jeder Brechung findet auch eine theilweise Zurückwerfung (Reflexion) des Lichtes statt; je schräger der einfallende Strahl die Brechungsebene trifft, um so weniger Licht wird gebrochen und um so mehr wird zurückgestrahlt, bis schliesslich von einer gewissen Gränze ab der Strahl gar nicht mehr gebrochen sondern ganz zurückgeworfen oder reflectirt wird. Es findet dann vollkommne Spiegelung statt, wie zuerst Kepler im Jahre 1604 nachwies. Ein Lichtstrahl, der aus dem Wasser unter einem Winkel von 49° gelangt, kann nicht über die Oberfläche treten, weil er diese schon bei $48\frac{1}{2}^0$ streifen würde, er wird vielmehr reflectirt. Für Glas beträgt der Einfallswinkel, bei welchem der reflectirte Strahl die Oberfläche streift 42°. Die Brechung und Zurückwerfung der Lichtstrahlen an der Oberfläche

verschieden dichter Luftschichten ruft die Erscheinungen der sogen. Luftspiegelung (s. d.) hervor.

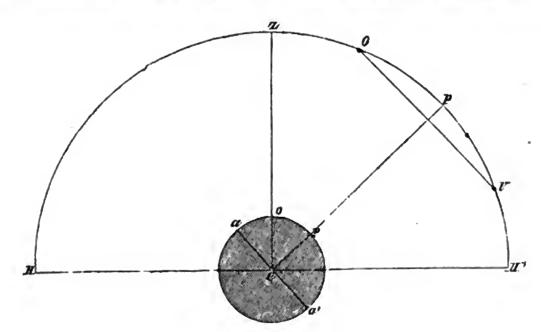
Verschiedene Körper zeigen die merkwürdige Eigenschaft, den hindurchgehenden Lichtstrahl in zwei zu zerspalten; man sieht durch dieselben alle Gegenstände doppelt. Diese Körper werden doppeltbrechende genannt. Bartholin der zuerst im Jahre 1667 einen solchen doppeltbrechenden Körper untersuchte, fand schon, dass von den beiden Strahlen, in welche der einfallende Strahl gespalten wird, bloss der eine (der ordentliche) Strahl das gewöhnliche Brechungsgesetz befolgt, dass dagegen der andere (oder ausserordentliche) Strahl ein ganz abweichendes Verhalten zeigt. Lässt man die beiden Strahlen nochmahls durch einen doppeltbrechenden Körper gehen, so werden sie zwar nochmals zerlegt, aber die beiden Strahlenbündel zeigen die Eigenthümlichkeit, dass sie ihre Helligkeit je nach der Lage der beiden doppeltbrechenden Körper ändern. Man nennt sie nun polarisirt. Im Jahre 1808 fand Malus, dass ein Lichtstrahl, wenn er unter einem bestimmten Winkel von einer Glas- oder Wasserfläche zurückgeworfen wird, ebenfalls polarisirt ist, denn er zeigt, durch einen doppeltbrechenden Körper geleitet, die gleiche periodische Veränderung der Helligkeit, wie sie oben erwähnt wurde. Die nämlichen Erscheinungen treten aber auch auf, wenn man den reflectirten Strahl nochmals von einer Glasplatte reflectiren lässt. Das Maximum der Helligkeit tritt dann ein, wenn beide Reflexionsebenen einander parallel sind, das Minimum, wenn sie sich kreuzen. Die vollständige Polarisation findet für jede Materie nur bei einem ganz bestimmten Winkel statt unter welchem das Licht einfallen muss. Dieser Winkel heisst Polarisationswinkel. — Diese Andeutungen über die doppelte Brechung müssen hier genügen, da der Gegenstand dem Gebiete der Astronomie im Allgemeinen fern liegt.

Breite (astronomische) eines Gestirns wird der Winkelabstand desselben von der Ekliptik genannt. Man misst diesen Abstand auf einem senkrecht zur Ekliptik stehenden und die Pole derselben schneidenden grössten Kreise. Die Breite kann nördlich oder südlich sein, je nachdem der Stern nördlich oder südlich von der Ekliptik steht; für Sterne in der Ekliptik selbst ist die Breite natürlich Null, für Sterne in den Polen derselben = 90^{0}. Breite und Länge bestimmen den Ort eines Gestirns am Himmel vollkommen.

Breite, geocentrische, wird die Breite eines Planeten für einen Beobachter im Erdmittelpunkte genannt. Siehe auch Polhöhe.

Breite, geographische, ist der senkrechte Winkelabstand eines Punktes der Erdoberfläche vom Aequator, man unterscheidet nördliche und südliche Breite, je nachdem der Ort auf der nördlichen oder südlichen Erdhälfte liegt. Geographische Breite und geographische Länge bestimmen die Lage jedes Ortes der Erdoberfläche. Geogr. Breite und Polhöhe sind gleich. Man hat verschiedene Methoden, die geogr. Breite oder Polhöhe eines Ortes zu bestimmen. Die einfachste ist diejenige der Beobachtung eines Fixsterns z. B. des Polarsterns bei seinen Meridiandurchgängen. Es sei (Fig. 9) O der Beobachtungsort auf der Erde, p der Erdpol, P der senkrecht darüber befindliche Himmelspol,

HzH' der Meridian, HH' der Horizont und aa' der Erdaequator. Misst man nun die Höhe eines in O, im oberen Meridiandurchgange befindlichen Sternes, also den Bogen OH' und subtrahirt hiervon die aus



Figur 9.

den astronomischen Ephemeriden bekannte Poldistanz OP des Sternes, so bleibt der Bogen PH', d. h. die Polhöhe oder geogr. Breite übrig. Kennt man die Poldistanz des Sternes nicht, kann denselben aber sowohl bei seinem obern als bei seinem untern Meridiandurchgange beobachten, so erhält man ebenfalls die geogr. Breite oder Polhöhe sehr einfach. Beim obern Meridiandurchgange steht nämlich der Stern in O um ebensoviel Grade höher als der Pol P, wie im untern Meridiandurchgange in U tiefer, indem Bogen $OP = PU$. Die Höhe OH' ist nun $= H'P + PO$, die Höhe H'U aber $= H'P - PU$, addirt man beide Angaben so kommt $H'P + PO + H'P - PU$, PO ist aber $= PU$ und hebt sich somit heraus, es bleibt also 2 H'P oder die doppelte Polhöhe. Man erhält daher die Polhöhe, indem man die Winkelhöhe eines nicht untergehenden Sterns über dem Horizonte beim obern oder untern Meridiandurchgange misst, beide Resultate addirt und durch 2 dividirt. Man hat noch verschiedene andere Methoden die Breite zu bestimmen, z. B. die Douwes'sche, aus zwei Höhen der Sonne ausserhalb des Meridians die Breite und die wahre Zeit zu finden, oder Beobachtung eines Sterns im östlichen und westlichen Vertical zur Bestimmung der Beite u. s. w., doch kann hier darauf nicht weiter eingegangen werden. Verschiedene hierhin gehörige Formeln finden sich im Anhange.

Breite, heliocentrische, wird die Breite eines Planeten oder Kometen genannt, wie sie sich einem Beobachter im Sonnenmittelpunkte darstellen würde. Die Kenntniss derselben wird für verschiedene Rechnungen in der Astronomie erfordert.

Brennglas oder Brennlinse heisst ein gewöhnlich auf beiden Seiten erhaben (convex) geschliffenes Linsenglas, das in Folge dessen die Eigenschaft besitzt alle auffallenden Sonnenstrahlen in einen sehr

schmalen Raum zu concentriren, wodurch hier eine grosse Hitze entsteht. Die Hitze wird um so bedeutender, je grösser das Glas und je kleiner der Raum ist, in welchem es die Sonnenstrahlen concentrirt.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass den Alten schon Brenngläser bekannt waren; grössere Instrumente dieser Art verfertigten indess erst Tschirnhausen 1690 und Hartsöker. Es gelang ihnen mittels Linsen von 33—41 Zoll Durchmesser Metall in kurzer Zeit zu schmelzen und selbst in Dampf zu verwandeln. Die bedeutende Dicke der grossen Glaslinsen verursacht einen starken Strahlenverlust, daher machte schon 1774 Trudain auf hohle Linsen aufmerksam, die man mit Terpentinöl füllen könne. In der That gaben die Versuche welche damit angestellt wurden sehr bedeutende Resultate. Buffon schlug vor, die Gläser zu den grossen Linsen zonenweise zu schleifen, und Brewster, die Linse aus einzelnen Stücken zusammenzusetzen, wodurch man bei grösserer Billigkeit bedeutende Dimensionen erhalten kann. Solcher aus einzelnen Segmenten zusammengesetzter Linsen hat sich Fresnel später mit Glück bedient, um das Licht der Leuchtthürme bis auf ungemein weite Entfernungen hin sichtbar zu machen.

Brennlinie wird die Linie genannt, welche dadurch entsteht, dass die von einer krummen Fläche zurückgeworfenen Strahlen sich nicht genau in einem Punkte schneiden. Dasselbe findet auch beim Durchgange des Lichtes durch Glaslinsen statt. Man nennt die Brennlinie auch kaustische Linie.

Brennpunkt oder Focus ist bei Hohlspiegeln und Linsen derjenige Punkt, in welchem sich die parallel mit der Axe auffallenden Strahlen vereinigen. Uebrigens ist dieser Ort niemals ein wirklicher Punkt sondern ein mehr oder minder kleiner Raum, der Brennraum, selbst dann, wenn der Gegenstand von dem die Strahlen ausgehen, ein Punkt sein sollte. Bei Hohlspiegeln und convexen Glaslinsen vereinigen sich die Strahlen in der That nahe in einem Brennpunkte; bei convexen Kugelspiegeln und concaven Gläsern scheint nur ein solcher zu bestehen, indem die Strahlen so gebrochen werden, als wenn sie von einem, zwischen dem Glase und dem Gegenstande oder hinter der Spiegelfläche liegenden Punkte, der Zerstreuungspunkt genannt wird, ausgingen. Ellipse, Parabel und Hyperbel besitzen ebenfalls sogen. Brennpunkte, worüber diese Artikel nachzulesen.

Brennraum s. Brennpunkt.

Brennspiegel werden Hohlspiegel genannt, welche die Sonnenstrahlen in einem sehr engen Raume concentriren und dadurch hier eine sehr intensive Hitze erzeugen; sie wirken also wie Brenngläser. Brennspiegel waren schon den Alten bekannt. Von Archimedes wird erzählt, dass er mittels gewaltiger Brennspiegel die römische Flotte vor Syracus in Brand gesteckt habe. Diese lange bezweifelte Thatsache scheint nach den Versuchen, welche besonders Buffon 1746 angestellt hat, wenigstens zum Theile wahr zu sein. Dem französischen Gelehrten gelang es, mittels einer grossen Anzahl (128) ebener Spiegel, die durch Charniere passend verbunden waren, selbst auf Entfernungen von 150 Fuss hin tannene Bretter anzuzünden. Naumann construirte

(1799) einen Riesenbrennspiegel aus Pappe und bedeckte ihn innen mit den glänzenden Seiten von Stroh. Mittelst dieser Vorrichtung gelang es ihm sogar Metall zu schmelzen. Grosse Brennspiegel standen lange Zeit hindurch sehr in Ansehen. Vilette in Lyon verkaufte (1660 bis 1670) die seinigen sogar bis nach Persien. Doch sind die damit angestellten Versuche mehr wissenschaftliche Spielereien und daher in der Neuzeit ganz ausser Mode gekommen.

Brennweite nennt man den Abstand des Brennpunktes von der Mitte des Brennglases. Um die Brennweite einer Linse zu finden, lässt man die Sonnenstrahlen parallel mit der Axe des Glases einfallen und fängt das Sonnenbild auf einer senkrecht zur Axe stehenden Ebene auf. Da, wo das Sonnenbild am reinsten, hellsten und kleinsten erscheint, befindet sich der Brennpunkt und die Entfernung desselben von der Linse giebt die Brennweite. Jeder der farbigen Strahlen, aus welchen das weisse Licht besteht, hat seinen eignen Brennpunkt, doch fallen diese sämmtlich sehr nahe bei einander.

Brinkley, John, geb. 1763 zu Woodbridge in Suffolk, gest. am 14. September 1835 zu Dublin, war Professor der Astronomie an der Universität Dublin und später auch Director der dortigen Sternwarte, zuletzt wurde er zum Lordbischof von Cloyne erhoben und entsagte gänzlich allen astronomischen Arbeiten. Seine hauptsächlichsten Arbeiten bezogen sich auf die Ermittlung von Fixsternparallaxen, doch haben sich die Resultate, zu welchen er gelangte, nicht bewährt.

Brorsen, Theodor, geb. am 29. Juli 1819 zu Norburg auf Alsen, beobachtete zuerst in Kiel, dann auf der Privatsternwarte des Freiherrn von Senftenberg in Böhmen. Er entdeckte 5 Kometen, darunter einen von kurzer Umlaufszeit, der seinen Namen trägt.

Bruhns, Carl Christian, geb. am 22. November 1830 zu Ploen in Holstein, war zuerst Mechaniker, wandte sich dann der Astronomie zu, ward Gehülfe an der Berliner, dann Director der Leipziger Sternwarte und ausserordentlicher Professor an der dortigen Universität. Er entdeckte 6 Kometen, lieferte viele Bahnberechnungen, sowie eine Biographie Encke's und arbeitet gegenwärtig an einer grossen Lebensgeschichte A. v. Humboldt's.

Bunsen, Robert Wilhelm, berühmter Chemiker, um die Astronomie verdient durch seine im Verein mit Kirchhoff gemachten Untersuchungen, welche die heutige Spectralanalyse schufen, geb. am 31. März 1811 zu Göttingen, war erst Privatdocent in Göttingen, dann Lehrer in Cassel, ward 1838 Professor der Chemie an der Universität in Marburg, 1851 in Breslau und schliesslich (1852) in Heidelberg. Seine chemischen Untersuchungen sind von grösster Wichtigkeit, können aber hier nicht weiter besprochen werden.

Burckhardt, Johann Carl, berühmter Astronom, geb. am 30. April 1773 zu Leipzig, gest. am 22. Juni 1825 zu Paris, bildete sich unter Zach für die Astronomie aus, kam durch dessen Empfehlung 1797 zu Lalande nach Paris und wurde 1807 Director der dortigen Sternwarte. Burckhardt war ein unermüdlicher Rechner, in der Theorie der planetarischen Störungen tief erfahren, aber kein besonderer Beobachter

Seine Arbeit über den Kometen von 1770 wurde 1806 vom Pariser Institut gekrönt. Er verbesserte wesentlich die Mondtafeln.

Byrg (Bürgi), geb. am 28. Februar 1552 zu Lichtensteig in der Schweiz, gest. am 31. Jan. 1632 zu Cassel, Hofuhrmacher des Landgrafen Wilhelm IV. von Hessen und des Kaisers Rudolf II., ist der Erfinder der Logarithmen unabhängig von Napier und stellte in Cassel auf der Sternwarte des Landgrafen zahlreiche Beobachtungen an.

Cacciatore, Niccolo, ausgezeichneter Astronom, geb. am 26. Januar 1780 bei Girgenti, gest. am 27. Januar 1841 zu Palermo, trat in den Orden der Minoriten und wurde Lehrer der griechischen Sprache am Seminar zu Girgenti, darauf Lehrer der Geographie an der Normalschule zu Palermo. Hier machte er die Bekanntschaft von Piazzi dem damaligen Director der dortigen Sternwarte, dessen Gehülfe und späterer Nachfolger er ward. Cacciatore hat sich durch eine grosse Reihe von astronomischen Beobachtungen, besonders der Kometen, verdient gemacht, ein von ihm gesehener Wandelstern ist nicht wiedergefunden worden, sodass es ungewiss bleibt ob hier ein Irrthum vorliegt oder nicht.

Calandrelli, Giuseppe, geb. am 22. Mai 1749 zu Zagarola im Kirchenstaate, gest. am 24. December 1827 zu Rom, als Director der Sternwarte des Collegio Romano, schrieb mehrere physikalische und mathematische Abhandlungen; seine astronomischen Beobachtungen sind wenig bedeutend.

Caldecott, John, geb. gegen 1800, gest. am 16. März 1849 zu Trevandrum, als Astronom des Rajah von Travancora in Ostindien.

Campani, Giuseppe, der berühmteste Optiker seiner Zeit, welcher die grossen Fernrohre lieferte mit denen Dominicus Cassini seine berühmten Entdeckungen machte. Geburts- und Todesjahr Campani's sind unbekannt, er lebte in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts. Nach seinem Tode kaufte Papst Benedikt XIV. die in seinem Nachlasse sich vorfindenden Instrumente und schenkte sie der Universität zu Bologna.

Cardinalpunkte oder Hauptweltgegenden werden die vier Punkte des Horizonts genannt, in welchen derselbe von dem Mittagskreise (oder Meridian) und dem Aequator des Himmels geschnitten wird. Der erstere schneidet den Horizont im Nord- und Südpunkte, der letztere im Ost- und Westpunkte. Je zwei der Cardinalpunkte stehen demnach einander gegenüber, nämlich Nord und Süd, dann Ost und West; da nun auch Meridian und Aequator senkrecht zu einander stehen, so ist jeder der vier Hauptpunkte um 90 Grad oder $^1/_4$ Kreisbogen vom nächsten entfernt.

Carlini, Franzesco, geb. am 8. Jan. 1783 zu Mailand, gest. ebenda am 29. August 1862, erhielt seine erste Bildung auf dem Gymnasium der Brera, wurde, nachdem er verschiedene mathematische und astronomische Arbeiten geliefert 1799 Eleve und 1832 Director der dortigen Sternwarte. Von seinen Arbeiten sind zu erwähnen diejenigen über die astronomische Refraction, über die Mondbewegung und seine Sonnentafeln.

Cassini, Giovanni Domenico, geb. am 8. Juni 1625 zu Perinaldo in der Grafschaft Nizza, gest. am 14. September 1712 zu Paris, der berühmteste astronomische Beobachter seiner Zeit, gewann noch sehr jung eine besondere Liebe zur Astronomie, wurde 1650 Professor der Mathematik und Astronomie zu Bologna und beobachtete daselbst den von Hevel entdeckten Kometen von 1652. Die päpstliche Regierung übertrug ihm die Regulirung des Chianaflusses und ernannte ihn 1663 zum Oberintendanten der Befestigung der Citadelle von S. Urbino. Während er diese technischen Arbeiten leitete, beobachtete er sehr eifrig, erkannte die Abplattung des Jupiter und bestimmte seine Rotationsdauer, so wie diejenige des Mars und der Venus. Das ungeheure Aufsehen, welches diese Entdeckungen hervorrief, veranlasste Ludwig XIV., Cassini nach Paris zu berufen und ihm die Direction der dortigen eben neuerbauten Sternwarte zu übertragen. Gleichzeitig wurden auf seinen Wunsch bei Campani Fernrohre von colossaler Grösse bestellt, mittels deren es ihm gelang 4 Monde des Saturn zu entdecken; aus Marsbeobachtungen bestimmte er die Sonnenparallaxe zu 9,5″ und machte zuerst mit Erfolg auf das Zodiakallicht aufmerksam. Er begann die erste grosse französische Gradmessung.

Cassini, Jacques, geb. den 18. Februar 1677 zu Paris, gest. am 16. April 1756 zu Thury bei Clermont, Sohn des Vorigen, folgte seinem Vater im Directorate der Pariser Sternwarte und vollendete auch die von diesem begonnene Gradmessung durch ganz Frankreich. Seine zahlreichen astronomischen Abhandlungen, die keine neuen Entdeckungen enthalten, haben für die Gegenwart keine Bedeutung mehr.

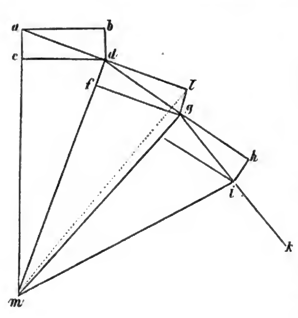
Cassini de Thury, Cesar François, geb. am 17. Juni 1714 zu Paris, gest. ebenda am 4. September 1784, Sohn des Vorigen und Nachfolger desselben im Directorate der Pariser Sternwarte, schrieb viele astronomische Abhandlungen, die heute veraltet sind; sein Hauptwerk ist die Specialkarte von Frankreich, die zum Theil auf Kosten der Regierung bearbeitet wurde.

Cassini, Jacques Dominique, Graf von Thury, geb. am 30. Juni 1748 zu Paris, gest. am 18. October 1845 zu Thury bei Clermont, Sohn des Vorigen, folgte seinem Vater im Directorate der Pariser Sternwarte, ward aber 1793 eingekerkert; nach seiner Befreiung nahm er seine Entlassung und zog sich in's Privatleben zurück. Er vollendete die Karte seines Vaters, schrieb eine Geschichte des Pariser Observatoriums und verschiedene astronomische Abhandlungen. Sein Sohn Alexander Henry Gabriel zeigte gar keine astronomische Anlagen, sodass sich Madame Lepaute vergeblich bemühte den fünften Cassini zum Astronomen heranzubilden.

Cavendish, Henry, geb. am 10. October 1731 zu Nizza, gest. am 24. Februar 1810 zu London, berühmter Chemiker und Physiker und einer der reichsten Leute von ganz England. Im Jahre 1783 entdeckte er die Zusammensetzung des Wassers als er tropfbar flüssiges Wasser bei der Verbrennung von Wasserstoffgas sich bilden sah, doch verfolgte erst Lavoisier diese wichtige Wahrnehmung bis in alle ihre Consequenzen. Mittels der von Mitchell erfundenen und von Coulomb

verbesserten Drehwage unternahm er 1798 eine neue und genaue Bestimmung der mittleren Erddichte und fand, dass diese $5^{48}/_{100}$mal grösser als diejenige des Wassers sei.

Centralbewegung wird diejenige Bewegung genannt, welche durch eine gegen einen unveränderlichen Mittelpunkt gerichtete Kraft bestimmt wird. Besitzt der von einer solchen Kraft beeinflusste Punkt eine eigne Bewegung, welche nicht mit der Richtung jener Kraft zusammenfällt, so beschreibt er stets eine krummlinigte Bahn. Wenn der Punkt a (Fig. 10) eine eigne Bewegung hat, welche ihn in einem Zeittheilchen um die Strecke ab fortbewegt, während gleichzeitig eine gegen den Mittelpunkt m gerichtete Kraft auf ihn einwirkt, die ihn, für sich allein, in dem gleichen Zeittheilchen von a nach c führen würde, so wird er unter dem gleichzeitigen Einflusse beider Kräfte den Weg ad einschlagen, d. h. nach dem Gesetze vom Parallelogramm der Kräfte in der Diagonale zwischen den Linien ab und ac vorangehen. Der von dem Punkte nach m gezogene Leitstrahl hat demnach das Dreieck adm beschrieben. In d angelangt würde der Körper, wenn keine anziehende Kraft auf ihn wirkte, in gerader Linie bis nach l vorangehen, sodass dl = ad. Die gegen m wirkende Kraft *allein* würde ihn in derselben Zeit nach f bringen, beide Kräfte *zusammen* veranlassen ihn den Weg dg einzuschlagen. Von g aus würde der Punkt sich selbst überlassen in dem nächsten Zeittheilchen nach h gelangen, unter dem Einflusse der nach m wirkenden Kraft legt er thatsächlich den Weg gi zurück. Das ganze bisher betrachtete Stück der Bahn stellt sich daher als eine gebrochene Linie adgi dar; wir können indess die Punkte adgi u. s. w. einander willkürlich nahe rücken und begreifen dann ohne Schwierigkeit, dass die gebrochene Linie *in eine stetig gekrümmte*, in eine Curve übergeht.

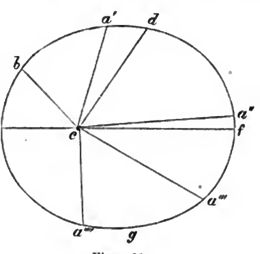


Figur 10.

Betrachten wir nun die Bewegung des Punktes nochmals. In d angelangt, würde er ohne den Einfluss der nach m wirkenden Kraft den Weg d im nächsten Zeittheilchen zurücklegen, sodass dl = ad. Es ist daher Dreieck adm = Dreieck dlm. Unter dem Einflusse der gegen m wirkenden Kraft beschreibt der Punkt aber die Linie dg. Da lg parallel mit dm, so hat Dreieck dlm gleiche Höhe mit Dreieck dgm und da beide Dreiecke ebenfalls gleiche Grundlinie dm besitzen, so sind sie an Flächeninhalt einander gleich. Also Dreieck dlm = Dreieck dgm. Allein Dreieck dlm ist auch = Dreieck adm, daher schliesslich Dreieck dgm = Dreieck adm. Auf gleiche Weise lässt sich beweisen,

dass auch Dreieck gim = Dreieck dgm = Dreieck adm. Diese Dreiecke sind aber die Flächenräume, welche der Leitstrahl von dem Punkte a nach m, während je eines Zeittheilchen beschrieb. Man hat daher als allgemeines Gesetz bei der Centralbewegung: In gleichen Zeiten beschreibt der Radius vector gleiche Flächenräume, oder, was dasselbe heisst: Die vom Radius vector beschriebenen Flächen sind den Zeiten proportional, 2, 3.. nmal so grosse Flächenräume werden in 2, 3 nmal so langer Zeit beschrieben.

Dieses Grundgesetz der Centralbewegung, das bei jeder gegen einen und denselben Punkt hin gerichteten Kraft, mag sie sich im übrigen mit der Entfernung von diesem Punkte ändern wie sie will, stattfindet, wurde von Kepler mittels der Beobachtungen Tycho's als von den Planeten befolgt erkannt und führt den Namen des 2. Kepler'schen Gesetzes. Die Mechanik kennt es als das „Princip der Erhaltung der Flächen." Nach diesem Gesetze lässt sich die Art und Weise der Bewegung eines durch Centralkräfte getriebenen Körpers, z. B. eines Planeten, leicht bestimmen. Bewegt sich z. B. der Körper in einem Kreise, nach dessen Mittelpunkt hin die anziehende Kraft wirkt, so wird seine Bewegung eine gleichförmige sein müssen. Denn da zu gleichen Zeiten gleiche Flächenräume gehören und im Kreise sich diese Flächenräume wie die Bogen verhalten, so muss bei der Kreisbewegung der Körper offenbar in gleichen Zeiten gleiche Bogen beschreiben, d. h. seine Bewegung wird, vom Bewegungsmittelpunkte aus gesehen, eine gleichförmige sein. Anders ist es bei der Bewegung in einer Ellipse, die bei den Planeten wirklich vorkommt. Sei (Fig. 11) adfg eine Ellipse, gegen deren einen Brennpunkt c hin eine anziehende Kraft wirkt, während der Körper a eben diese elliptische Bahn beschreibt. Wenn nun a in einer gewissen Zeit den Bogen ab durchläuft, so beschreibt der Radius vector offenbar den Flächenraum abc. In a' angekommen wird der Leitstrahl a'c in der nämlichen Zeit nach dem Gesetz von der Erhaltung der Flächen einen genau so grossen Flächenraum beschreiben müssen, als der Leitstrahl ac. Weil aber a'c grösser als ac, so gehört offenbar ein kleinerer Bogen als ab dazu, um den gleichen Flächenraum wie acb zu erhalten; in der That ist der Flächenraum oder Vector a'dc = acb. Der Körper bewegt sich also auf der Peripherie der Ellipse in der nämlichen Zeit, in welcher er früher den Bogen ab durchlief, nunmehr bloss in dem kleinen Bogen a'd vorwärts, seine Bewegung ist also langsamer geworden, seine Geschwindigkeit hat sich verringert. Die geringste Geschwindigkeit wird aber offenbar da stattfinden müssen, wo die Entfernung vom Centrum der anziehenden Kraft am grössten ist, d. h. in f; die Geschwindigkeit



Figur 11.

wird am grössten sein müssen, wo die Entfernung von c am geringsten ist, nämlich in a. Die Linie acf wird die grosse Axe der Ellipse genannt und bei den Planeten heisst a der Punkt der Sonnennähe (Perihelium), f der Punkt der Sonnenferne (Aphelium). Die Geschwindigkeit eines Planeten ist daher in seinem Perihelium am grössten, in seinem Aphelium am geringsten.

Wenn sich die gegen einen bestimmten Punkt hinwirkende anziehende Kraft umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält, d. h. in 2facher, 3facher, nfacher Entfernung 4mal, 9mal $n \times n$mal schwächer wird, so beweist die höhere Mechanik, dass alsdann bei elliptischer Bewegung die Quadrate der Umlaufszeiten zweier oder mehrerer Punkte sich wie Kuben ihrer mittleren Abstände von dem Anziehungscentrum verhalten. Kepler hat auch dieses Gesetz aus der Untersuchung der Planetenbeobachtungen Tycho's gefunden und es führt daher den Namen des dritten Kepler'schen Gesetzes. Man muss jedoch wohl beachten, dass dieses Gesetz bloss für die Umlaufszeiten und mittleren Abstände von Körpern gilt, welche sich um einen und denselben Centralkörper bewegen.

Es wurde oben bemerkt, dass ein in krummlinigter Bahn einhergehender Körper sofort in gerader Linie (und zwar nach der Tangente der Bewegungsrichtung) vorangehen würde, wenn die Anziehungskraft plötzlich aufhörte. Dieses Streben eines bewegten Körpers in gerader Linie vorwärts zu gehen, wird Schwungkraft genannt. Je rascher die Bewegung des Körpers in seiner krummlinigten Bahn ist, um so grösser ist seine Schwungkraft. Man sieht dies bei einem Steine, den man an einen Faden befestigt und rasch im Kreise herumschwingt. Wird die Bewegung zu schnell, so reisst der Faden und der Stein fliegt in der Richtung der Tangente des Punktes seiner Bahn, den er gerade erreicht hatte, davon. Diese Zunahme der Schwungkraft bei wachsender Schnelligkeit der Bewegung ist es auch, welche die Planeten davor schützt, in die Sonne zu fallen, da ja mit der Annäherung an dieselbe ihre Anziehungskraft zunimmt. In der That sieht man aus Figur 11, dass ein Planet, nachdem er den Punkt f mit der geringsten Geschwindigkeit passirte, durch die Wirkung der Sonnenanziehung in seiner Bewegung immer mehr beschleunigt werden muss, indem diese z. B. bei a''' in der Richtung a''' c wirkt und daher den Planeten gewissermassen vorwärts zieht. Mit dieser beschleunigten Bewegung wächst die Schwungkraft und wenn der Planet nach a gelangt ist, so ist seine Schwungkraft so gross, dass die Anziehung die Bahn nicht zu krümmen vermag als früher und er entfernt sich stufenweise wieder von der Sonne, um denselben Turnus in umgekehrter Reihenfolge bis zum Punkte f zu durchlaufen. In f ist freilich die Anziehung am schwächsten, dafür aber auch die Schwungkraft und beide stehen in einem solchen Verhältnisse, dass sich von f aus der Planet der Sonne wieder zu nähern beginnt.

Centralkraft wird diejenige Kraft genannt, welche einen bewegten Körper stets gegen einen bestimmten Mittelpunkt hinzuziehen, oder davon zu entfernen strebt. Im erstern Falle ist die Kraft anziehender,

im letztern Falle abstossender Art. Unter der Einwirkung von Centralkräften entsteht die Centralbewegung. Zu den Centralkräften rechnet man nicht allein die eigentliche, nach dem Mittelpunkt der Bewegung hin wirkende Kraft, die sogenannte Centripetalkraft, sondern auch die Schwung- oder Centrifugalkraft, welche sich als Tendenz zur fortwährenden Entfernung des Körpers vom Bewegungsmittelpunkte offenbart. Das Nähere hierüber siehe in dem Artikel Centralbewegung.

Ceres, einer der vier zuerst entdeckten kleinen Planeten (Planetoiden oder Asteroiden), deren Bahnen zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter liegen. Obgleich die einzelnen Planetoiden (siehe diesen Artikel), deren bekannte Anzahl gegenwärtig sehr gross geworden ist, zusammen in einem Artikel behandelt sind, so sind doch die vier älteren oder am längsten bekannten Planetoiden unter eignen Artikeln aufgeführt, einestheils, weil man von ihnen am meisten weiss, dann auch, weil sich an ihre Entdeckung ein grösseres historisches Interesse knüpft.

Die Ceres wurde vollkommen zufällig am 1. Januar 1801 von Piazzi auf der Sternwarte zu Palermo entdeckt, als dieser Astronom einen Irrthum in Wollaston's Sternverzeichnisse durch eigne Beobachtung verbessern wollte. Piazzi hielt den neuen Planeten zuerst für einen Kometen, beobachtete ihn aber sorgfältig bis zum 11. Februar, wo er gefährlich erkrankte. Die Beobachtungen leiteten den Astronomen von Palermo übrigens bald auf die Idee, dass es sich hier nicht sowohl um einen Kometen, als vielmehr um einen Planeten handle, dessen ganze Bewegung darauf hindeutete, dass er in einem Abstande zwischen Jupiter und Mars um die Sonne gehe. Die Beobachtungen von Piazzi reichten nun aber bei weitem nicht aus, um auf dieselben gestützt eine Bahnberechnung des Planeten auszuführen und diesen, der inzwischen in den Sonnenstrahlen verschwunden war, wieder unter den zahllosen kleinen Sternen aufzufinden. Die berühmtesten astronomischen Rechner, wie z. B. Burkhardt in Paris, versuchten sich an dem Probleme, aber ohne allen Erfolg. Man sah, dass die Bahn kein Kreis sein konnte, aber alle Bemühungen schlugen fehl, die wahre Ellipse und die Lage ihrer grossen Axe im Raume festzustellen. Da trat Gauss auf und entwickelte eine Methode, welche gestattet, selbst aus Beobachtungen, welche nur einen sehr kurzen Zeitraum umfassen, die sämmtlichen Bahnenelemente eines Planeten zu berechnen. Er wandte diese Methode auf die sehr genauen Beobachtungen Piazzi's an und bestimmte die Bahn und eine Reihe von Oertern am Himmelsgewölbe, wo sich der neue Planet finden sollte. In der That gelang es Olbers in Bremen, als er die Berechnung von Gauss bei seinen Nachforschungen zum Grunde legte, den Planeten am 1. Januar 1802 wieder zu sehen und am nächsten Abende sicher als den lange vermissten Wandelstern zu erkennen. Ein abermaliges Verlieren desselben war jetzt unmöglich, denn unter Zuziehung der neuen Beobachtungen liess sich die Bahn sehr scharf berechnen. Piazzi, dem als Entdecker das Recht der Benennung zustand, wünschte den neuen Planeten Ceres Ferdinandea genannt zu sehen, und zwar Ferdinandea zu Ehren des

Königs Ferdinand von Neapel und Sicilien. Doch hat sich bloss der Name Ceres erhalten. Auch ein symbolisches Zeichen — nämlich eine gekrümmte Sichel — wurde für den kleinen Planeten aufgestellt, ebenso später für eine Anzahl der übrigen Planetoiden. Auch das hat sich nicht erhalten und man bezeichnet die Ceres symbolisch gegenwärtig einfach durch ① (ein Kreis mit einer eingeschriebenen Zahl, welche die Reihenfolge der Entdeckung anzeigt).

Nach Wolfers sind die Bahnelemente der Ceres, für die Epoche 1868 August 24. folgende:

Halbe grosse Axe: 2,7668 (wobei die mittlere Entfernung der Erde = 1 gesetzt) oder $55\frac{1}{3}$ Millionen Meilen,
Exentricität (s. d.): 0,07918,
Neigung der Bahn gegen die Erdbahn: 10° 36′ 20,9″,
Länge des aufsteigenden Knotens (s. Knoten): 80° 50′ 49,4″,
Länge des Perihels (s. Perihel): 148° 13′ 49,4″,
mittlere tägliche tropische (s. d.) Bewegung: 770″, 98032.

Was die physische Beschaffenheit der Ceres anbelangt, so wissen wir hierüber gar nichts. Dem blossen Auge ist der Planet nicht sichtbar, da seine Helligkeit die 7. bis 8. Grösse nicht übersteigt. Die Farbe ist weiss, doch soll der Planet bisweilen auch röthlich schimmern. Schröter und William Herschel behaupten, die Ceres bisweilen von einer grossen Nebelhülle umgeben erblickt zu haben. Spätere Untersuchungen mit vollkommneren Instrumenten haben hiervon nichts gezeigt. Eine deutliche Scheibenform zeigt der Planet nicht; directe Messungen, wie sie Schröter (und auch der ältere Herschel) versucht haben, sind also hier sicher nicht am Platze. Nach der Helligkeit des Planeten zu schliessen, kann der Durchmesser nicht viel von 40 bis 50 geogr. Meilen verschieden sein.

Chacornac, Jean, bekannter Planetoiden-Entdecker, geboren am 21. Juni 1823 zu Lyon, war bis zum Jahre 1854 Gehülfe an der Sternwarte in Marseille, wo er am 7. April 1853 den kleinen Planeten Phocäa entdeckte, kam dann als Adjunct des kaiserlichen Observatoriums nach Paris, entdeckte dort am 28. October 1854 den Planetoiden Polyhymnia, am 6. April 1855 die Circe, am 12. Januar 1856 die Leda, am 8. Februar desselben Jahres die Lätitia, am 12. September 1860 den Planetoiden Elpis, beschäftigte sich mit Anfertigung sehr detaillirter Sternkarten und machte ausserdem eine Menge astronomischer Beobachtungen und astronomisch-photographischer Darstellungen.

Challis, James, geb. am 12. December 1803 zu Bramtree in der englischen Grafschaft Essex, widmete sich der Theologie, ward dann Professor der Astronomie und Experimentalphysik an der Universität zu Cambridge. Die Anzahl seiner rein physikalischen Abhandlungen ist sehr gross, seine astronomischen Untersuchungen betreffen hauptsächlich Probleme der höhern Mechanik in ihrer Anwendung auf die Physik des Himmels.

Chasles, Michael, geb. am 15. November 1793 zu Epernon im Departement Eure et Loire, ward 1841 Professor der Geodäsie und Maschinenkunde an der Polytechnischen Schule zu Paris, 1851 Mit-

glied des Instituts von Frankreich. Chasles hat seinen Ruf als Mathematiker durch eine grosse Reihe scharfsinniger Untersuchungen begründet. Seine Untersuchungen alter Nachrichten über Sternschnuppen und Feuerkugeln haben für die Wissenschaft werthvolle Resultate geliefert, dagegen erregten die von ihm in jüngster Zeit publicirten angeblichen Autographen Pascal's, aus denen hervorging, dass nicht Newton, sondern der Franzose Pascal der erste Entdecker der Gesetze der Attraction sei, vielen Widerspruch und die Sache endigte damit, dass sich Chasles als von einem Betrüger düpirt erklärte.

Childrey, Josua, geb. 1623, gest. am 26. August 1670 zu Upway, war erst Schullehrer in Kent, dann Kaplan des Lord Henry Herbert und zuletzt Pfarrer zu Upway in Dorsetshire. Er gab in seinem Buche Britannia Baconica die ersten genauern Nachrichten über das Zodiakallicht.

Chladny, Ernst Florenz Friedrich, berühmter Physiker, geb. am 30. November 1756 zu Wittenberg, gest. am 4. April 1827 zu Breslau, bezog nach einer sehr pedantischen Erziehung die Universität Wittenberg, wo er sich nach dem Tode seines Vaters ganz dem Studium der Naturwissenschaften widmete. Im Jahre 1787 erschien sein Werk „Entdeckungen über die Theorie des Klanges", in welchem er seine Beobachtungen der von ihm zuerst wahrgenommenen Klangfiguren publicirte. Mit dem von ihm erfundenen Euphon durchzog er Mitteleuropa, von dem Ertrage seiner Concerte und Vorlesungen lebend. Im Jahre 1792 begann er sich mit den Feuerkugeln und Meteorsteinen zu beschäftigen und 2 Jahre später erschien sein berühmtes Werk „Ueber den Ursprung der von Pallas entdeckten Eisenmasse," in welchem er Feuerkugeln und Meteorsteine als kosmische Körper, die zufällig in die Atmosphäre unserer Erde gelangt seien, erklärte. Diese Theorie fand anfangs vielen Widerspruch, selbst Verspottung, gegenwärtig ist sie indess als die einzig richtige allgemein adoptirt.

Chronologie, Zeitrechnungskunde, die Wissenschaft, welche sich mit der Zeiteintheilung und Regulirung derselben beschäftigt. Die wissenschaftliche Chronologie beruht ausschliesslich auf astronomischen Principien; besonders sind es die Bewegungen der Sonne und des Mondes, welche in dem mathematischen Theile der Chronologie berücksichtigt werden. Die historische Chronologie zählt die verschiedenen Systeme der Zeitrechnung bei den einzelnen Völkern auf und führt die in denselben ausgedrückten historischen Daten auf ein gemeinschaftliches Zeitmaass zurück. Man sehe die Artikel Cyklus, Jahr, Kalender.

Chronometer, Zeitmesser, werden diejenigen höchst sorgfältig gearbeiteten astronomischen Uhren genannt, die man zur Bestimmung der geographischen Länge benutzt. Bekanntlich versteht man unter geogr. Länge den auf dem Aequator gemessenen Winkel, welchen der Meridian eines Ortes mit dem Meridiane eines andern Ortes, von dem aus man zählt, macht. Als Ausgangspunkt der Zählung nehmen die Deutschen die Insel Ferro, die Franzosen den durch die Pariser Sternwarte

gehenden und die Engländer den durch die Sternwarte von Greenwich gehenden Meridian. Die geogr. Länge von Wien beträgt nun beispielsweise 34° 3′ östlich von Ferro, d. h. der Meridian von Wien liegt ostwärts vom Meridian von Ferro und macht mit diesem einen Winkel, der auf dem Aequator einen Bogen von 34° 3′ umschliesst. Die Sonne bewegt sich von Ost nach West am Himmel; wenn sie daher im Meridian von Wien steht, so muss sie noch einen Bogen von 34° 3′ (auf dem Aequator gemessen) durchlaufen, um im Meridiane von Greenwich zu stehen. Hierzu braucht sie natürlich eine gewisse Zeit, und zwar legt sie in jeder Stunde 15° zurück. Die Sonne wird daher erst 2 Stunden $16^2/_{10}$ Minuten, nachdem sie den Meridian von Wien passirte, im Meridian von Greenwich stehen, mit andern Worten, in dem Augenblicke, wo die Sonne in Wien gerade Mittag macht, ist es in Greenwich erst 9 Uhr $43^8/_{10}$ Min. Vormittags. Man kann daher den Unterschied der geogr. Länge auch durch den Zeitunterschied der wahren Sonnenzeit in dem nämlichen absoluten Momente an zwei verschiedenen Orten ausdrücken, und umgekehrt, wenn man diesen Zeitunterschied kennt, den Unterschied der geogr. Länge ermitteln. Eine Uhr z. B., welche unveränderlich richtig ginge und an einem bestimmten Tage, als die Sonne zu Wien im Meridian stand, auf 12 Uhr 0 Min. 0 Sec. gestellt wurde, würde an jedem Orte der Erde die jedesmalige Wiener Zeit angeben und aus dem Unterschiede derselben mit der Zeit des betreffenden Ortes den Unterschied der geogr. Länge ermitteln lassen. Hätte man eine solche Uhr beispielsweise mit nach Ferro genommen und fände dort auf irgend eine Weise, dass es in einem bestimmten Momente 8 Uhr $18^8/_{10}$ Min. wahrer Ortszeit sei, während die Uhr 10 Uhr 35 Min. zeigte, so würde man aus der Differenz der beiden Zeitangaben schliessen, dass Ferro 2 Stunden $16^2/_{10}$ Min. in Länge westlich von Wien liege, oder da 1 Stunde Zeit = 15° Bogen, 1 Min. Zeit = 15 Min. Boge nbeträgt, dass Ferro 34° 3′ in Länge westlich von Wien liege, wie es in der That der Fall ist. Hätte man sich an einem andern Orte befunden, wo die wahre Ortszeit 12 Uhr $51^2/_{10}$ Min. war, während die Uhr nach Wiener Zeit 10 Uhr 35 Min. zeigte, so müsste man aus der Zeitdifferenz wiederum schliessen, dass der betreffende Ort 2 St. $16^2/_{10}$ Min. in Länge von Wien entfernt sei, dies Mal aber östlich, weil der Beobachtungsort in seiner Ortszeit der gleichzeitigen Wiener Ortszeit voraus ist.

Um Längenbestimmungen auf die hier im Princip gezeigte Weise auszuführen, benützt man nun die Chronometer. Allerdings ist es gänzlich unmöglich, Uhren herzustellen, welche absolut genau gehen, da selbst die besten Uhren täglich etwas voreilen oder zurückbleiben. Allein diese Abweichung vom richtigen Gange hat gar keine Beeinträchtigung der Genauigkeit des Resultats der Längenbestimmung zur Folge, wenn sie nur Tag für Tag die nämliche Grösse beibehält. Ein Chronometer, das täglich 2 Minuten 13 Secunden voreilt, ist unvergleichlich besser, als ein anderes, das heute 2 Secunden voreilt, morgen 3 Secunden zurückbleibt, übermorgen wieder 1 Secunde voreilt u. s. w., denn in dem erstern Falle kann man auf den unrichtigen Gang genau

Rücksicht nehmen und denselben durch Rechnung eliminiren, im letztern Falle ist dies aber durchaus unmöglich.

Eine genauere Beschreibung der Einrichtung, welche man den Chronometern gegenwärtig zu geben pflegt, ist hier nicht am Orte, es muss hier genügen, das Historische kurz mitzutheilen. Nachdem Gemma Frisius und nach ihm Huygens und Hooke die Wichtigkeit genau gehender Uhren für die Bestimmung der geogr. Längen hervorgehoben hatten, setzte das englische Parlament im Jahre 1714 einen Preis von 20000 Pfd. Sterling für Denjenigen aus, der die geogr. Länge mittels des Chronometers bis auf $^1/_2$ Grad genau bestimmen würde. Schon 116 Jahre früher hatte Philipp III. von Spanien einen ähnlichen Preis ausgesetzt. Die Schwierigkeiten, welche sich der Herstellung genau gehender Chronometer entgegenstellen, waren jedoch zu gross, als dass sie sobald hätten überwunden werden können und erst 1761 lieferte Harrison der brittischen Admiralität ein Chronometer, das die Länge von Jamaica bis auf $^1/_2$ Grad genau zu bestimmen erlaubte. Er erhielt dafür die Hälfte des Preises. Seit jener Zeit hat die Kunst genau gehende Chronometer anzufertigen, einen so hohen Grad der Vollendung erreicht, dass man fast glauben darf, bei derjenigen Grenze der Genauigkeit angelangt zu sein, welche die menschliche Kunstfertigkeit überhaupt erreichen kann. Die auf See gebrauchten Chronometer (die sogenannten Box-timkeeper) befinden sich in hölzernen Kästen, in denen sie mittels zweier Ringe, ähnlich wie die Compasse, so aufgehängt sind, dass sie bei allen Schwankungen und Lagen des Schiffes möglichst unbewegt bleiben.

Circummeridianhöhen nennt man diejenigen Höhen der Gestirne, welche man in der Nähe des Meridians beobachtet, um daraus die wahre Höhe im Meridiane selbst durch Rechnung abzuleiten. Ist aber die Höhe eines Gestirnes im Meridiane einmal bekannt, so lässt sich die geogr. Breite (s. d) oder Polhöhe sehr einfach finden. Die Methode der Circummeridianhöhen empfiehlt sich überall da, wo man keine feststehenden Instrumente besitzt, und sie wird in der That auf der See vielfach angewandt. Man muss Circummeridianhöhen nicht mit correspondirenden Höhen (s. d.) verwechseln.

Circumpolarsterne sind diejenigen Sterne, welche sich in der Nähe des Himmelspoles befinden uud die daher in unseren Breiten niemals ganz unter den Horizont sinken. Die Circumpolarsterne werden hauptsächlich zur Bestimmung der geogr. Breite oder Polhöhe benutzt, und unter ihnen ist es wieder der Polarstern, den man in dieser Beziehung meist beobachtet. Weil bei Circumpolarsternen sowohl der obere als der untere Meridiandurchgang beobachtet werden kann, so braucht man zur Bestimmung der geogr. Breite (s. d.) die Declination der betreffenden Sterne gar nicht zu kennen, und da sich die Höhe der letztern in der Nähe des Meridians auch nur wenig ändert, so schadet selbst eine kleine Abweichung des Instruments von der Ebene des Meridians bloss unbedeutend. Man benutzt die Circumpolarsterne aber auch, um die Aufstellung des Mittagsrohrs (s. d.) im Meridiane zu prüfen. Beobachtet man nämlich mittels dieses Instru-

ments den Durchgang eines Circumpolarsterns beim obern und untern Durchgange durch den Meridian, so muss die Zwischenzeit genau die Hälfte eines Sterntages sein; ist dies nicht der Fall, so erkennt man leicht, nach welcher Seite hin das Instrument vom Meridiane abweicht und kann den Fehler verbessern.

Clairaut, Alexis Claude, einer der scharfsinnigsten Mathematiker seiner Zeit, geb. am 13. Mai 1713 zu Paris, gest. am 17. Mai 1765 ebenda, lebte als Privatgelehrter und Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris und begleitete die Expedition zur Messung eines Meridians in Lappland (1736—1737) als Mitglied. Schon im 12. Jahre las er vor der Pariser Akademie eine Abhandlung über gewisse Curven; 1752 wurde seine „Theorie des Mondes, abgeleitet aus dem alleinigen Gesetze der Attraction" von der Petersburger Akademie gekrönt, ebenso seine späteren Abhandlungen über die Kometen von 1531, 1607, 1682 und 1759, d. h. über den Halley'schen Kometen bei seinen sicher beobachteten Wiederkünften zum Perihel. Clairaut's Arbeiten über die Mechanik des Himmels sind ebenso scharfsinnig als zahlreich und entziehen sich an dieser Stelle einer eingehenden Analyse. Nur allein sei hier bemerkt, dass Clairaut der Erste war, der nach langen und vergeblichen Bemühungen die Bewegung der Absiden der Mondbahn in Uebereinstimmung mit den Beobachtungen aus der reinen Theorie ableitete, was bis dahin weder Newton noch Euler oder d'Alembert gelungen war.

Clapiès, Jean de, geb. am 28. August 1670 zu Montpellier, gest. am 19. Februar 1740 ebenda, machte sich der astronomischen Welt durch die aufmerksame Beobachtung mehrerer Finsternisse, besonders der totalen Sonnenfinsterniss vom 12. Mai 1706 bekannt.

Clausen, Thomas, geb. am 16. Januar 1801 zu Nübel in Schleswig, wurde zuerst (1824) Assistent an der Sternwarte zu Altona, ging dann (1827) in der gleichen Eigenschaft in das optische Institut von Utzschneider in München, ward 1842 Observator an der Sternwarte zu Dorpat und zuletzt, nach Mädler's Abgange, fast 70 Jahre alt, Director derselben. Clausen's astronomische Arbeiten sind sehr zahlreich, hauptsächlich betreffen sie die Berechnung elliptischer Kometenbahnen, auch seine rein mathematischen Untersuchungen zeugen von tiefem Verständnisse. Die Zahl π, oder das Verhältniss des Kreisumfangs zum Durchmesser berechnete er bis auf 250 Decimalstellen.

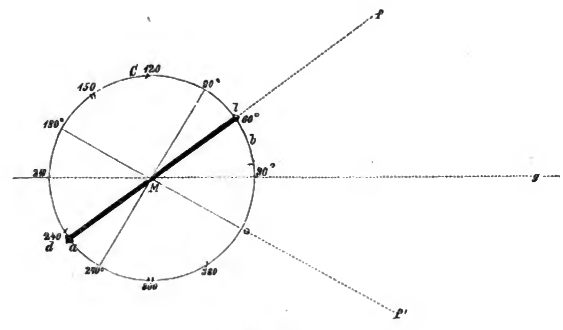
Clavius, Christoph, geb. 1537 zu Bamberg, gest. am 6. Februar 1612 zu Rom, indem er von einem wild gewordenen Ochsen getödtet wurde, studirte zu Coimbra, wurde Jesuit und Lehrer der Mathematik am Jesuitencollegium zu Rom, woselbst er sich hauptsächlich an den Arbeiten zur Verbesserung des Kalenders betheiligte.

Colla, Antonio, geb. gegen 1806, gest. im März 1857 zu Parma, als Director der dortigen Sternwarte, entdeckte zwei Kometen, am 2. Juni 1845 und am 7. Mai 1847, und schrieb mehrere Berichte über Kometen, Sternschnuppen etc.

Collectivglas, Sammelglas, nennt man jedes convexe Glas, welches die Strahlen eines leuchtenden Punktes näher zusammenbringt, sammelt.

Besonders versteht man darunter aber auch dasjenige Glas, welches bei grossen Brenngläsern die schon nahe vereinigten Strahlen noch mehr zusammenbringt und in einem nähern Brennpunkte vereinigt.

Collimation heisst bei Winkelmess-Instrumenten die Uebereinstimmung der Angabe des auf der Theilung angegebenen Winkels mit der Grösse des wirklich gemessenen Winkels. Der Unterschied beider Angaben heisst der Collimationsfehler des betreffenden Instrumentes und er muss stets genau bekannt sein, ehe man die angestellten Beobachtungen benutzen kann. Behufs genauerer Vorstellung denke man sich einen grossen in der Ebene des Meridians stehenden in 360° getheilten Kreis a b c (Fig. 12), an dem man mittels des Lineals d l



Figur 12.

die Höhe des Sternes f über dem Horizonte gemessen wolle. Die Eintheilung des Kreises ist in der Figur unmittelbar angegeben und man ersieht daraus, dass die Höhe des Sternes durch den Theilstrich von 60° angegeben wird. Allein diese Angabe ist nicht richtig, weil der Nullpunkt der Theilung keineswegs in der Linie Mg, d. h. im Horizonte liegt, wo er doch liegen müsste, falls sich die Höhe über dem Horizonte durch die Beobachtung unmittelbar ergeben sollte. In der Linie Mg liegt vielmehr der Theilungsstrich von 30° und man hat daher von der Höhe, wie sie die Ablesung am Rande des Kreises wirklich ergiebt, 30° abzuziehen, um die wahre Höhe des Sternes über dem Horizonte zu finden. Im vorliegenden Falle würde demnach der Collimationsfehler 30° betragen. In der Praxis kann man allerdings den Horizont nicht so unmittelbar scharf sehen wie es in dem obigen Beispiel angenommen wurde, allein die Gesetze der Spiegelung geben ein einfaches Mittel an die Hand, diejenige Linie, welche durch den Mittelpunkt und den Horizontalpunkt des Kreises geht, und also auch den Collimationsfehler zu bestimmen. Zu diesem Ende beobachtet man ein Gestirn zuerst

direct und hierauf das Bild desselben, welches von einem Quecksilberhorizonte zurückgeworfen wird. Das Fernrohr durchläuft hierbei einen Bogen, der gleich der doppelten Höhe des Sternes über dem Horizonte ist und der Collimationsfehler ergiebt sich gleich der halben Summe der Winkelangaben, auf welche die Visirlinie am Rande des Kreises in den beiden Beobachtungen zeigt. Aus der vorstehenden Figur ersieht man übrigens sofort die Richtigkeit dieser Behauptung, indem bei der directen Beobachtung die Visirlinie auf 60°, bei der Beobachtung im Quecksilberhorizonte aber auf 0° steht und die halbe Summe dieser Zahlen = 30° ist, wie bereits bekannt war. Eine andere Methode den Collimationsfehler eines Instrumentes ohne künstlichen (Quecksilber-) Horizont zu finden, besteht in der Umkehrung des Instruments, doch kann hierauf und auf die speziellern Verfahrungsarten bei den verschiedenen Instrumenten nicht weiter eingegangen werden.

Commutationswinkel. Denkt man sich vom Orte eines Planeten eine senkrechte Linie auf die Ebene der Erdbahn gezogen und zieht von dem Punkte, wo sie diese trifft, eine gerade Linie nach dem Mittelpunkte der Sonne, so bildet diese Linie mit derjenigen, welche vom Mittelpunkte der Erde nach der Sonne gezogen wird, einen Winkel, welcher Commutationswinkel heisst. Dieser Winkel ist daher gleich dem Unterschiede der heliocentrischen Länge der Erde und des Planeten.

Compass heisst eine, mit einem eingetheilten Kreise versehene, in ihrem Schwerpunkte unterstützte und in horizontaler Richtung frei bewegliche Magnetnadel, welche dazu dient, den Bogen des Horizonts zwischen einer beliebigen Richtung und dem magnetischen Nordpunkte zu bestimmen. Die Magnetnadel ist meist in eine messingne, oben mit einem Glasdeckel versehene Büchse eingeschlossen und der Art in einem System von Ringen aufgehängt, dass das Compassgehäuse stets eine verticale Lage einzunehmen strebt und von den Schwankungen des Schiffs möglichst wenig beeinflusst bleibt.

Schon um die Mitte des 7. Jahrhunderts v. Chr. waren den Japanesen sogen. magnetische Wagen bekannt, aber erst 2000 Jahre später berichtet Tscheu-tha-kuon, dass sich die Chinesen des Compasses bedienten; um dieselbe Zeit (d. h. zwischen 1226 und 1270 nach Chr.) kannten aber auch schon französische Seefahrer die Magnetnadel und bedienten sich derselben. Jedenfalls ist unser gegenwärtiger Seecompass eine europäische Erfindung, denn der Compass, den die Chinesen noch heute auf See gebrauchen, ist kein anderer als unser Landcompass. Bei diesem letztern befindet sich die Eintheilung des Horizonts am Grunde der Büchse und die Nadel spielt frei über derselben, allein ein solcher Compass, der schon vor Gioja (der um 1300 lebte) existirt hat, ist für den Seemann so gut wie unbrauchbar, weil er um seine Richtung ablesen zu können, das Schiff immer erst in den Wind müsste laufen lassen und zudem auch keine Peilungen vornehmen könnte. Gioja ist wahrscheinlich der Erste gewesen, der diesem Mangel dadurch abgeholfen hat, dass er die Theilung (Windrose) auf die Magnetnadel legte und mit dieser fest verband. Auf diese Weise konnten alle Striche ihre richtigen Namen behalten, man konnte Wind und Cours

darauf ablesen und sie nahm nicht an der Drehung des Schiffes Theil. Das ist das Resultat, zu welchem **Breusing**, bezüglich des **Gioja** gebührenden Antheils, an unseren heutigen Schiffscompassen gelangt.

Die unter den Seeleuten gebräuchliche Eintheilung der Compassrose ist die in 32 Striche, sodass auf jeden Viertelkreis 8 Striche kommen. Man unterscheidet ferner halbe, viertel und achtel Striche, doch reicht eine Genauigkeit auf Viertelstriche für die praktische Seefahrt vollkommen aus. Entsprechend der Eintheilung in 32 Striche, hat der Gebrauch den einzelnen Richtungen auch Benennungen beigelegt, die, obgleich sehr schwerfällig und häufig eine Quelle von Irrthümern, dennoch als etwas Altehrwürdiges bei dem Seemanne unabänderlich im Gebrauche stehen. Die Bezeichnungen der 32 Richtungen sind folgende in der doppelten Benennungsweise:

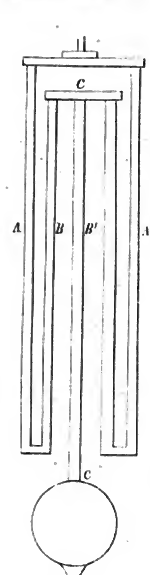
Nord.	Nord.	Süd.	Süd.
Nord 1 Strich Ost.	Nord zu Ost.	Süd 1 Strich West.	Süd zu West.
„ 2 „ „	Nordnordost.	„ 2 „ „	Südsüdwest.
„ 3 „ „	Nordost zu Nord.	„ 3 „ „	Südwest zu Süd.
„ 4 „ „	Nordost.	„ 4 „ „	Südwest.
„ 5 „ „	Nordost zu Ost.	„ 5 „ „	Südwest zu West.
„ 6 „ „	Ostnordost.	„ 6 „ „	Westsüdwest.
„ 7 „ „	Ost zu Nord.	„ 7 „ „	West zu Süd.
Ost.	**Ost.**	**West.**	**West.**
Süd 7 Strich Ost.	Ost zu Süd.	Nord 7 Strich West.	West zu Nord.
„ 6 „ „	Ostsüdost.	„ 6 „ „	Westnordwest.
„ 5 „ „	Südost zu Ost.	„ 5 „ „	Nordwest zu West.
„ 4 „ „	Südost.	„ 4 „ „	Nordwest.
„ 3 „ „	Südost zu Süd.	„ 3 „ „	Nordwest zu Nord.
„ 2 „ „	Südsüdost.	„ 2 „ „	Nordnordwest.
„ 1 „ „	Süd zu Ost.	„ 1 „ „	Nord zu West.

Die Magnetnadel des Compasses zeigt keineswegs genau nach dem astronomischen Nordpunkte, sondern weicht vom wahren Meridiane je nach der Oertlichkeit bald nach West oder nach Ost ab. Diese Abweichung wird in der Physik als **Declination**, in der Nautik als **Missweisung** bezeichnet und der Seemann unterscheidet den missweisenden oder Compasscours von dem rechtweisenden oder wahren Course.

Compensation, Ausgleichung, Aufhebung einer störenden Ursache, nennt man vorzugsweise in der Uhrmacherkunst diejenigen Vorrichtungen am Pendel oder der Unruhe der Uhren, welche den Einfluss der Temperatur aufheben.

Aus der Erfahrung ist bekannt, dass bei Pendeluhren unter übrigens gleichen Umständen ein schnellerer oder langsamerer Gang durch Verkürzung oder Verlängerung des Pendels hervorgebracht werden kann. Man weiss aber auch ferner, dass die Wärme die Körper ausdehnt, die Kälte sie zusammenzieht. Hieraus folgt unmittelbar, dass die nicht stets gleiche Temperatur des Ortes, an dem sich eine Pendeluhr befindet, auf den Gang derselben einen Einfluss ausüben muss, und die Beobachtung zeigt, dass dieser Einfluss unter Umständen so grosse Unrichtigkeiten im Gange der Uhr hervorruft, dass derselbe unbedingt

bei astronomischen Beobachtungen weggeschafft werden muss. Zu diesem Ende fertigt man die Pendel solcher Uhren aus verschiedenen Metallen an, indem man dabei nach dem Vorgange von Graham (1715) die Ausdehnung des einen Metalls durch diejenige eines andern zu compensiren sucht. Dieses Princip würde natürlich nicht anwendbar sein, wenn alle Metalle sich bei gleicher Temperaturzunahme um gleich viel ausdehnten; dies ist indess bekanntlich nicht der Fall (s. Ausdehnung). Figur 13 zeigt das von Harrison erdachte Rostpendel in seiner einfachsten Gestalt. CC' ist die eiserne Pendelstange, die Stäbe AA' sind ebenfalls von Eisen, BB' dagegen von Zink. Unter dem Einflusse der Wärme streben die Stäbe AA' das gesammte Pendel um ebenso viel zu verlängern, als es von den Stäben BB' in Folge ihrer Anordnung verkürzt wird. Natürlich darf die Länge der Stäbe des compensirenden Metalls im Vergleich zu derjenigen der äussern Stäbe keineswegs willkührlich genommen werden, sondern es findet in dieser Beziehung ein ganz bestimmtes Verhältniss statt, welches sich in folgendem Satze ausspricht:



Figur 13.

Die Summe der Länge der Stäbe beider Metalle verhält sich zur Länge der Stäbe des compensirenden Metalls, wie die Ausdehnung des compensirenden Metalls zur Ausdehnung des andern. Nennt man daher L die Länge der Eisenstange, x die gesuchte Länge der Zinkstange, e die relative Ausdehnung des Eisens und z jene des Zinks, so ergiebt sich $x = \frac{L \times e}{z - e}$.

Nach der in dem Artikel Ausdehnung gegebenen Tabelle verhält sich die lineare Ausdehnung des Eisens zu derjenigen des Zinks nahe wie 123 : 291. Für eine Eisenstange von 40 Zoll Länge würde sich daher die Länge der Compensationsstange x von Zink wie folgt berechnen:

$$x = \frac{40 \times 123}{291 - 123} = 29^2/_7 \text{ Zoll.}$$

Neben dem Rostpendel ist auch das von Graham 1721 erfundene Quecksilberpendel, bei dem die Compensirung durch die Ausdehnung des Quecksilbers bewirkt wird, vielfach in Anwendung gekommen, anderer Compensationsmethoden, wie z. B. durch Hebelwerke nicht zu gedenken. Schwieriger gestaltet sich die Compensation bei Chronometern. Jeder kennt die sogen. Unruhe der Taschenuhren; sie ist eine Art von Schwungrad, das durch die Spiralfeder in Wechselbewegung versetzt wird. Die Schnelligkeit dieser Bewegung hängt ab von der Kraft der Spiralfeder, sowie von der Last der Unruhe selbst. Durch die Wärme wird die Spiralfeder ver-

längert, ihre Kraft daher geringer und die Bewegung der Unruhe langsamer. Man sieht hieraus, dass auch hier eine Compensationsvorrichtung nothwendig ist, doch gehört deren nähere Beschreibung in das Gebiet der höhern Uhrmacherkunst und muss hier übergangen werden.

Concavgläser, Hohlgläser, nennt man diejenigen sphärisch geschliffenen Gläser, welche eine hohle Oberfläche darbieten. Man unterscheidet biconcave oder an beiden Seiten concave Gläser, planconcave, welche nur an einer Seite concav an der anderen eben sind und convexconcave Gläser, die auf der einen Seite concav oder hohl, auf der anderen erhaben oder convex geschliffen sind. Die beiden ersten Arten von Gläsern zerstreuen stets die Lichtstrahlen, sodass ein durch dieselben betrachteter Gegenstand verkleinert erscheint. Die convexconcaven Gläser verkleinern nur dann, wenn die Erhabenheit einem grössern Durchmesser als die Höhlung zugehört (s. a. Linsengläser).

Concavspiegel ist die wenig gebräuchliche Bezeichnung für Hohlspiegel (s. d.).

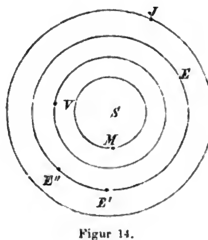
Condamine, Charles Marie de la, geboren am 28. Januar 1701 zu Paris, gestorben am 4. Februar 1774 ebenda, gleichberühmt als Physiker, wie als Astronom. Nachdem er anfangs in militärischen Diensten gestanden, ward er zum Theilnehmer der in Peru auszuführenden Gradmessung ernannt und ging 1735 mit Bouguer, Godin und Ulloa nach den Aequinoctialländern Südamerika's, wo er mit mannichfachen Hindernissen kämpfend bis 1745 blieb.

Conjunction, Zusammenkunft. Wenn zwei oder mehrere Planeten von einem beliebigen Orte aus gesehen, sich an dem nämlichen Punkte des Himmelsgewölbes befinden, so sagt man, sie befinden sich in Conjunction. Diese Zusammenkunft ist natürlich bloss eine scheinbare, in Wirklichkeit stehen die betreffenden Planeten weit hintereinander. Nach dem soeben erklärten Begriffe der Conjunction findet für die Planeten, welche in Conjunction sind, eine Bedeckung (s. d.) statt, indem der dem Beobachter nähere sich vor den entfernteren Planeten stellt; beide Planeten haben also dieselbe Rectascension und Declination, weil sie an dem nämlichen Orte des Himmels stehen. Man hat aber den Begriff der Conjunction erweitert und bezeichnet auch den Augenblick, in welchem zwei Planeten bloss gleiche Rectascension besitzen, als Zeit ihrer Conjunction, fügt aber dann hinzu: Conjunction in Rectascension oder Conjunction in AR. Das astronomische Zeichen der Conjunction ist ☌.

Im Sonnensysteme hat die Bahn der Erde eine solche Stellung, dass sie die Bahnen zweier Planeten, des Merkur und der Venus umschliesst, dagegen von den Bahnen anderer Planeten, wie z. B. des Mars, des Jupiter, des Saturn umschlossen wird. Da sich alle Planeten um die Sonne bewegen, so kommt es offenbar von Zeit zu Zeit vor, dass sich einer oder der andere der Planeten Merkur und Venus, zwischen der Sonne und der Erde befindet. Sobald er in diesem Falle gleiche Rectascension mit der Sonne erreicht hat, so sagt man, er befindet sich in unterer Conjunction mit der Sonne in A R; besitzt der Planet dann auch noch nahezu gleiche Declination, so befindet er sich für unsern Anblick in derselben Richtung mit der Sonne und es findet

ein Durchgang statt. Man gebraucht hier nicht das Wort Bedeckung für die Planeten, weil sie auf der Sonnenscheibe zu winzig klein erscheinen. Wenn einer oder der andere der beiden Planeten Merkur und Venus sich in dem Theile seiner Bahn befindet, in welchem er für unsern Anblick gleiche Rectascension mit der Sonne hat, während die Sonne zwischen der Erde und diesem Planeten steht, so sagt man: der Planet befindet sich in oberer Conjunction mit der Sonne in AR.

Die Planeten, deren Bahnen die Erdbahn umschliessen, können nur in obere Conjunction mit der Sonne treten, niemals aber in untere Conjunction, weil sie eben vermöge ihrer grössern Entfernung nie zwischen Sonne und Erde stehen können. Man sagt daher von diesen Planeten betreffenden Falls bloss, dass sie mit der Sonne in Conjunction stehen und lässt die Bezeichnung „obere" als selbstverständlich weg.



Figur 14.

Die hier erörterten Verhältnisse werden durch die nebenstehende Fig. 14 verdeutlicht. In derselben bezeichnet S die Sonne, M die Bahn des Merkur, V die der Venus, E die der Erde, J die des Jupiter. Befindet sich die Erde in E', Merkur dagegen in M, so steht er in gerader Linie zwischen der Sonne und der Erde, also in unterer ☌; befindet sich die Erde in E, Venus in V, so steht letztere auf der entgegengesetzten Seite der Sonne, die Sonne also zwischen Venus und der Erde und der Planet ist in oberer ☌ mit der Sonne. Was den Planeten Jupiter anbelangt, so erkennt man sofort aus der Zeichnung, dass dieser nie zwischen S und den Kreis EE'E'' treten, d. h. nie zwischen Sonne und Erde kommen kann. Für ihn findet also bloss eine obere Conjunction statt, z. B. wenn er in J und die Erde in E'' steht.

Natürlich kann auch unser Mond mit der Sonne in Conjunction treten, jedoch nur in untere, da seine Entfernung von der Erde bloss $^1/_{400}$ der Entfernung der Erde von der Sonne ist. Ueber die Conjunctionen des Mondes mit der Sonne siehe den Art. „Finsternisse."

Man vergl. den Art. Aspecten.

Constellationen nennt man die Gruppirungen der Sterne am Himmelsgewölbe, bei den Fixsternen die Sternbilder, bei den Planeten gewisse Stellungen, welche man in dem Artikel „Aspecten" aufgeführt findet.

Convexgläser nennt man die sphärisch geschliffenen Gläser, welche die erhabene Seite nach aussen kehren. Sind beide Seiten erhaben geschliffen, so heissen die Gläser biconvex, ist eine Seite eben, so heissen sie planconvex, ist eine Seite hohl, so heissen sie concavconvex. Die beiden ersten Arten von Convexgläsern sammeln die auffallenden parallellen Lichtstrahlen und geben ein vergrössertes Bild

des Gegenstandes; bei den concavconvexen Gläsern findet dies nur statt, wenn ihre convexe Oberfläche einen grössern Durchmesser hat als ihre concave.

Copernicus, Nicolaus, geb. am 19. Februar 1473 zu Thorn, gest. Mitte Mai 1543 zu Frauenburg, der Begründer der heutigen Astronomie, der mit kühnem Muthe die Bewegung der Erde behauptete und nachwies. Nach sorgfältigen Vorstudien bezog er die Universität Krakau, um dort Philosophie und Medizin zu studiren, besuchte aber besonders eifrig die astronomischen Vorlesungen von Albert Bruzewsky; 23 Jahr alt ging er nach Italien und hielt in Rom Vorlesungen über die Astronomie, während welcher Zeit die ersten Zweifel an der Richtigkeit des Ptolemäischen Weltsystems in ihm aufstiegen. Nach 6jährigem Aufenthalt kehrte er nach Deutschland zurück, ward 1510 durch Vermittelung seines Oheims, des Bischofs von Ermeland, Domherr in Frauenburg und mit der Geschäftsführung des Stiftes betraut. Trotz überhäufter Arbeiten unterliess er es nicht, fleissig astronomische Beobachtungen anzustellen und forschte 25 Jahre unverdrossen, ehe er zur definitiven Ausarbeitung seines berühmten Buches „De Revolutionibus orbium coelestium" (Ueber die Umläufe der Himmelskörper) schritt. In diesem Werke wies er die Unrichtigkeit des bis dahin angenommenen Weltsystems, nach welchem die Erde der Weltmittelpunkt sei, um den sich alle Himmelskörper bewegten, mit überzeugenden Gründen nach und stellte die Sonne als den Mittelpunkt des Systems dar, während die Erde und alle übrigen Planeten diese Weltleuchte umkreisen. Erst auf das dringende Bitten seiner Freunde entschloss er sich am Abende seines Lebens das Buch dem Drucke zu übergeben und wenige Tage vor seinem Tode empfing er das erste im Drucke vollendete Exemplar desselben. Die Wirkung dieses Buches ist eine unermessliche gewesen, eine directe, indem es die ganze Astronomie in neue Bahnen warf, eine indirecte, indem es mächtig dazu beitrug, die Wissenschaft und damit das Menschengeschlecht aus den drückenden Banden zu befreien, in denen beide bis dahin gefesselt lagen.

Correspondirende Höhen nennt man diejenigen gleichen Höhen eines Gestirns vor und nach seinem Durchgange durch den Meridian, welche man beobachtet, um aus denselben die Zeit zu bestimmen. Die Methode der correspondirenden Höhen ist in ihren Prinzipien so einfach und in ihrer Ausführung so leicht und sicher, dass man sich ihrer überall da, wo man kein Mittagsrohr zur Zeitbestimmung besitzt, bedient, um die Zeit des Meridiandurchgangs der Sonne oder eines andern Gestirns zu bestimmen. Man bedarf dazu bloss eines, wenn auch unvollkommenen Höhenmessinstruments und einer Uhr auf deren Gang, wenigstens während einiger Stunden man sich verlassen kann.

Das Prinzip der Methode beruht darauf, dass alle Sterne in gleichen Winkelabständen vom Meridiane zu beiden Seiten desselben die gleiche Höhe über dem Horizont haben. Ein Stern, der z. B. um 8 Uhr Abends im Meridian steht, hat eine Stunde vor seinem Meridiandurchgange genau die nämliche Höhe über dem Horizonte, als eine Stunde nach seinem Durchgange durch den Meridian. Allerdings gilt

dies bloss für den Fall, in welchem sich die Declination des betreffenden Sternes in der Zwischenzeit nicht ändert; allein diese Aenderungen sind mit Ausnahme beim Monde so gering, dass sie in einigen Stunden nur für sehr scharfe Beobachtungen wahrnehmbar werden, für die Fixsterne sind sie sogar völlig Null, und schliesslich kann man auch diese Veränderungen, wenn man will, sehr leicht durch eine kleine Rechnung unschädlich machen.

Wenn man nun beispielsweise die Sonne einmal vor und dann nach ihrem Durchgange durch den Meridian in gleicher, aber sonst ganz willkührlicher Höhe beobachtet und jedesmal die Uhrzeit der Beobachtung notirt, so weiss man nach dem Vorhergehenden, dass die Zeit der ersten Beobachtung nun ebenso viel vor dem Augenblicke des wahren Mittags (des Meridiandurchgangs der Sonne) liegt, als der Zeitpunkt der zweiten Beobachtung nach demselben. Der wahre Mittag liegt daher genau in der Mitte zwischen beiden Zeitpunkten. Natürlich braucht man sich nicht mit je einer Sonnenhöhe zu begnügen, sondern kann deren mehrere Vor- und in der umgekehrten Reihenfolge Nachmittags beobachten und aus allen den mittleren Werth für den Zeitpunkt des wahren Mittags nehmen. Wie gross diese Höhen in Winkelmaass ausgedrückt sind, braucht man gar nicht zu wissen, das einzige Erforderniss ist, dass die Momente gleicher Höhen Vor- und Nachmittags beobachtet werden. Ein Beispiel mag die Anwendung des Princips der correspondirenden Höhen erläutern. In Köln wurden an einem bestimmten Tage 4 correspondirende Höhen a, b, c, d, Vor- und Nachmittags zu den beigesetzten Zeiten beobachtet:

	Vormittags:	Nachmittags:
a)	9 Uhr 3 Min. 1 Sec.	3 Uhr 11 Min. 25 Sec.
b)	9 „ 7 „ 11 „	3 „ 7 „ 13 „
c)	9 „ 17 „ 3 „	2 „ 57 „ 19 „
d)	9 „ 27 „ 3 „	2 „ 47 „ 25 „

Aus den beiden Zeitangaben a ergiebt sich als Augenblick des wahren Mittags: 12 Uhr 7 Min. 13 Sec., aus b: 12 Uhr 7 Min. 12 Sec., aus c: 12 Uhr 7 Min. 11 Sec., aus d: 12 Uhr 7 Min. 14 Sec. Nimmt man aus allen vier Angaben den mittleren Werth, so findet sich für den Augenblick des Meridiandurchgangs der Sonne oder des wahren Mittags: 12 Uhr 7 Min. 12½ Sec. Die Uhr ging also an dem genannten Tage im Augenblicke des wahren Mittags gegen wahre Sonnenzeit um 7 Min. 12½ Sec. vor.

Cosmischer Aufgang und **Untergang der Gestirne**, s. Aufgang.

Coulomb, Charles, Augustin de, geb. am 14. Juni 1736 zu Angoulième, gest. am 23. August 1806 zu Paris, anfangs Ingenieur und in Westindien thätig, dann Oberst-Lieutenant im Geniecorps, später, nachdem er beim Ausbruche der Revolution sich in's Privatleben zurückgezogen hatte, General-Inspector der Pariser Universität. Coulomb erfand die sogen. Drehwaage, als er sich gegen 1777 mit Untersuchungen über die Reaction beschäftigte, welche gedrehte Haare und Seidenfäden ausüben.

Crownglas (Kronglas), eine die farbigen Strahlen, aus denen das weisse Licht besteht, nicht sehr zerstreuende Glassorte, die man in England häufig zur Verfertigung der Fensterscheiben gebraucht, die indess von Dollond zur Herstellung von achromatischen Objectivgläsern benutzt wurde. Derselbe vereinigte Linsen aus Crown- und Flintglas der Art mit einander, dass die stärkere Farbenzerstreuung des Flintglases diejenige des Crownglases aufhob, gleichwohl aber eine Brechung des Lichtes blieb. Vgl. Prisma achrom. u. Fernrohr achrom.

Culmination, Meridiandurchgang, der Augenblick, in welchem ein Gestirn die Mittagslinie passirt. Er fällt bei den Fixsternen stets mit dem Momente der grössten Höhe über dem Horizonte zusammen. Ist der Ort eines Gestirns am Himmel genau bekannt, so ist es leicht die Zeit seiner Culmination und seiner Höhe im Meridiane zu berechnen, umgekehrt kann man auch aus der Zeit der Culmination und der zugehörigen Höhe eines Gestirns dessen Lage am Himmel bestimmen, und dieser Fall kommt in der astronomischen Praxis am häufigsten vor.

Um den Augenblick der Culmination eines Gestirns zu bestimmen, benutzt man ein genau im Meridiane aufgestelltes Fernrohr, in dessen Brennpunkte mehrere Fäden eingespannt sind, sodass der mittlere scharf die Richtung des Meridians bezeichnet. Die Uhrzeit, wann der Stern hinter diesen Mittelfaden tritt, ist der Augenblick seines Meridiandurchgangs. Man beobachtet den Durchgang des Sterns vor mehreren Fäden, um aus diesen Angaben den mittleren Werth zu nehmen.

Man unterscheidet obere und untere Culmination. Indem jeder Stern bei seiner täglichen Umdrehung zweimal die Ebene des Meridians passirt, erreicht er einmal hierbei seine grösste Höhe über dem Horizonte (obere Culmination) und 12 Stunden später seine geringste (untere Culmination). Bei den Circumpolarsternen kann man beide Culminationen beobachten, da diese Sterne stets über dem Horizonte bleiben; die meisten übrigen Sterne jedoch sinken nach ihrer obern Culmination unter den Horizont herab, die untere Culmination findet daher bei ihnen unter dem Horizonte statt.

Cyklus, Zirkel, bezeichnet in der Chronologie einen Zeitraum, innerhalb dessen gewisse Erscheinungen am Himmelsgewölbe wiederkehren. Mehrere Cyklen bilden eine Periode.

In der Kalenderrechnung sind hauptsächlich der Sonnenzirkel, der Mondzirkel, die Indiction, sowie daneben die goldene Zahl und die Epakte von Wichtigkeit, weshalb dieselben hier eingehender behandelt werden sollen.

Die Länge des Jahres bestimmt sich durch den scheinbaren Lauf der Sonne oder den wahren Umlauf der Erde um die Sonne, und zwar beträgt die Zeit, welche verfliesst bis die Sonne zweimal zum Frühlingspunkte zurückkehrt, im mittleren Werthe 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten $44^6/_{10}$ Secunden. Diese Dauer aber ist innerhalb einer Periode von 10,600 Jahren um $35^1/_2$ Secunde veränderlich, um welchen kleinen Betrag sie länger oder kürzer wird, als der angegebene mittlere Betrag. Die Alten haben diese genauen Zahlenangaben nicht gekannt, sondern nahmen in runder Zahl als Jahreslänge $365^1/_4$ Tag an. Um einer

Menge eingerissener Uebelstände abzuhelfen, bestimmte Julius Cäsar, dass nach je drei Jahren zu 365 Tagen, das vierte (Schalt-) Jahr einen Tag mehr zählen solle, damit die Vierteltage, die man natürlich nicht einzeln berücksichtigen konnte, wieder beigeholt würden. Vier Julianische Jahre haben also zusammen 1461 Tage.

Nach den oben mitgetheilten Zahlen ist aber die wahre Dauer von vier Jahren bloss 1460 Tage 23 Stunden 15 Minuten. Der Unterschied beträgt in 128 Jahren schon einen ganzen Tag. Schon um die Zeit des Nizäischen Conzils, im Jahre 325 nach Chr., war der Fehler bereits auf 3 Tage angewachsen, die man jetzt ausfallen liess, und man erneuerte die alte Bestimmung Cäsar's, dass der Tag, an welchem im Frühjahre Tag und Nacht gleich lang sind (die Frühlingsnachtgleiche), der 21. März heissen solle. Allein durch die Weglassung der 3 Tage war nur für den Augenblick geholfen und der Fehler stieg bis zum Jahre 1580 bereits wieder auf 10 Tage. Da beschloss Papst Gregor XIII. eine neue, verbesserte Kalendereinrichtung. Auf päpstlichen Befehl wurden nach dem 4. Oktober 1583 10 Tage aus der Zeitrechnung gestrichen und man zählte am folgenden Tage gleich den 15. Oktober. Was ferner die Einschaltung eines Tages nach Verlauf einer gewissen Anzahl von Jahren anbelangt, so wurde festgesetzt, dass wie bisher jedes Jahr, dessen Jahreszahl durch 4 ohne Rest theilbar ist, ein Schaltjahr sein solle, dass dagegen die Jahrhunderte nur dann Schaltjahre sein sollten, wenn die Hunderte für sich allein durch 4 ohne Rest theilbar sind. Hiernach ist also z. B. das Jahr 1900 ein Gemeinjahr, 2000 hingegen ein Schaltjahr.

Die einzelnen Tage des Jahres werden, mit dem 1. Januar beginnend, durch die sieben Buchstaben A, B, C, D, E, F, G bezeichnet, sodass also der 8., 15., 22. und 29. Tag wieder denselben Buchstaben A erhalten. Derjenige Buchstabe, welcher in ein einem bestimmten Jahre mit dem Sonntage zusammenfällt, heisst der Sonntagsbuchstabe dieses Jahres. Da nun jedes gemeine Jahr 365 oder $52 \times 7 + 1$ Tag hat, so hört es mit demselben Wochentage auf, mit dem es begann. Denn nehmen wir an, dass ein gewisses Jahr mit dem Sonntage begann, sodass also der 1. Januar ein Sonntag war, so ist der 7. Tag des Jahres ein Samstag und der 364. Tag wieder ein Samstag, weil an diesem Tage genau 52 ganze Wochen, beginnend mit Sonntag und endigend mit Samstag, verflossen sind. Der folgende 365. oder letzte Tag des Jahres ist also wieder ein Sonntag, wie der erste Tag des Jahres. Angenommen nun, der Sonntagsbuchstabe dieses Jahres sei G gewesen, so hat der erste Sonntag des folgenden Jahres offenbar den Buchstaben F, der des dritten E u. s. w. Im Schaltjahre ändert sich diese Sache. Es erhalten nämlich der 23. und 24. Februar denselben Buchstaben E, sodass also das Schaltjahr zwei Sonntagsbuchstaben hat, den einen vom 1. Januar bis zum 23. Februar, den andern vom 24. Februar bis zum 31. December. In dem Jahre, welches auf ein Schaltjahr folgt, geht der Sonntagsbuchstabe um zwei Stellen zurück. Im Julianischen Kalender ist jedes vierte Jahr ein Schaltjahr und die Sonntagsbuchstaben kehren daher nach einer Zeit von 4×7 oder 28 Jahren

in derselben Ordnung wieder zurück. Diese Zeitdauer wird der **Sonnenzirkel** genannt. Man hat nun den Anfang dieses Sonnenzirkels auf das Jahr 9 vor Christi Geburt gesetzt, so dass also das Geburtsjahr Christi das 10. Jahr des Sonnenzirkels ist. Um daher den Sonnenzirkel für ein beliebiges Jahr unserer Zeitrechnung zu finden, braucht man dieser Jahreszahl nur 9 hinzuzuzählen und die Summe durch 28 zu dividiren, der übrigbleibende Rest ist der Sonnenzirkel.

Beispiel. Man sucht den Sonnenzirkel des Jahres 1869. Man hat $1869 + 9 = 1878 : 28 = 67$. Rest: 2. Der Sonnenzirkel von 1869 ist also 2.

Um den Sonntagsbuchstaben für irgend ein Jahr des gegenwärtigen Jahrhunderts im Gregorianischen Kalender zu bestimmen, benutzt man die nachstehende kleine Tafel.

Sonnenzirkel.	Sonnentagsbuchstab.	Sonnenzirkel.	Sonntagsbuchstab.
1	GF	15	C
2	E	16	B
3	D	17	AG
4	C	18	F
5	BA	19	E
6	G	20	D
7	F	21	CB
8	E	22	A
9	DC	23	G
10	B	24	F
11	A	25	ED
12	G	26	C
13	FE	27	B
14	D	28	A

Hat man nämlich den Sonnenzirkel für das betreffende Jahr gefunden, so sucht man in der entsprechenden Spalte den Sonntagsbuchstaben. Dies ist aber der Sonntagsbuchstabe für den Julianischen Kalender. Um hieraus den Gregorianischen zu finden, hat man zu beachten, dass dieser von 1582 bis 1700 um 3, von 1700 bis 1800 um 4, von 1800 bis 1900 um 5, von 1900 bis 2100 um 6 Stellen dem Julianischen voraus ist. Ergiebt daher die Tafel für irgend ein Jahr des gegenwärtigen Säculums beispielsweise den Sonntagsbuchstaben A, so ist der Gregorianische F.

Beispiel. Für 1869 haben wir den Sonnenzirkel 2 gefunden; nach obiger Tafel ist also der Julianische Sonntagsbuchstabe E, der Gregorianische aber 5 Buchstaben weiter, d. h. G.

Man kann sich nun mittels der vorhergehenden leicht eine Tafel entwerfen, welche sofort für ein beliebiges Datum den betreffenden Wochentag angiebt.

Diese Tafel ist folgende:

April. Juli.	Septbr. December	Juni.	Februar. März. November	August.	Mai.	Januar. October.
1 8 15 22 29	2 9 16 23 30	3 10 17 24 31	4 11 18 25	5 12 19 26	6 13 20 27	7 14 21 28
G Sonntag.	F Montag.	E Dinstag.	D Mittwoch.	C Donnerst.	B Freitag.	A Samstag.

In dieser Tafel gilt der 31. Juni für den 1. Juli. Der Gebrauch dieser Tafel ist einfach. Hat man den Sonntagsbuchstaben des Jahres gefunden, so sieht man in vorstehender Tafel nach, welcher Wochentag unter dem entsprechenden Buchstaben steht und alle Data der Tafel fallen dann auf diesen Wochentag. So ist z. B. der Sonntagsbuchstabe für 1869, wie wir oben gefunden, C (im Gregorianischen Kalender). In der vorstehenden Tafel steht unter C die Bezeichnung „Donnerstag." Alle Daten der Tafel sind daher für das Jahr 1869 Donnerstage. Für die Festrechnung sind ferner von Wichtigkeit: die goldene Zahl, die Epakte und die Indiction.

Schon der Grieche Meton hatte gefunden, dass nach Verlauf von 19 Jahren die Neumonde fast genau wieder auf denselben Sonnentag fallen. Diese Periode von 19 Jahren wird der Mondzirkel genannt. In dem Jahre, welches der Geburt Christi vorausging, fiel der Neumond auf den 1. Januar (nach unserer Bezeichnung), man hat daher auf dieses Jahr den Anfang der Perioden der Mondzirkel verlegt und nennt goldene Zahl diejenige Zahl, welche angiebt, das wievielste Jahr irgend ein gegebenes in der zuletzt begonnenen Mondzirkel-Periode ist. Um die goldene Zahl eines Jahres zu bestimmen, braucht man nur 1 zur Jahreszahl hinzuzuzählen und die Summe durch 19 zu dividiren. Der Rest giebt die goldene Zahl.

Epakte heisst die um 1 verminderte Zahl der Tage, welche am 1. Januar eines Jahres verflossen ist. Um die Epakte zu finden, multiplicirt man die goldene Zahl des betreffenden Jahres mit 11 und dividirt das Ganze durch 30. Der Rest ist die Julianische Epakte.

Um aus der Julianischen die Gregorianische Epakte zu finden, hat man von der ersteren 11 abzuziehen; ist aber die Julianische Epakte kleiner als 11, so zähle man 19 hinzu.

Hiernach findet sich die Gregorianische Epakte des Jahres 1869 gleich $28 - 11 = 17$.

Diese Berechnung gilt aber nur für das laufende Jahrhundert; für die Jahre 1900 bis 2000 hat man von der Julianischen Epakte 12 abzuziehen, oder nach Umständen 18 zuzuzählen, um die Gregorianische Epakte zu finden.

Um die Indiction oder Römerzinszahl zu finden, hat man 3 zu der Jahreszahl hinzuzuzähleu und die Summe durch 15 zu divi-

diren. Der Rest ist die Indiction. Für 1869 ergiebt sich die Indiction 12.

Das Concilium zu Nicäa im Jahre 325 n. Chr. hat festgestellt, dass Ostern an dem Sonntage gefeiert werden solle, der zunächst auf den ersten nach der Frühlingsnachtgleiche kommenden Vollmond folgt. Wenn aber dieser Vollmond selbst auf einen Sonntag falle, so solle Ostern an dem darnach folgenden Sonntage gefeiert werden. Bereits wurde bemerkt, dass das nämliche Concilium die Frühlingsnachtgleiche immer für den 21. März fixirte. Es bestimmte gleichfalls, dass der Vollmond immer auf den 14. Tag vom Neumand abgerechnet werde, den Tag des Neumondes selbst als den ersten gezählt.

Auf diesen Grundlagen basirt die ganze Festrechnung der Kalender.

Vor fast 70 Jahren hat **Gauss** ein einfaches Verfahren angegeben, um sowohl im Julianischen als im Gregorianischen Kalender den Ostertag leicht finden zu können. Ich beschränke mich auf Mittheilung seiner Vorschrift für den Gregorianischen Kalender.

Man dividire das gegebene Jahr durch 19 und bezeichne den Rest mit a; man dividire hierauf dasselbe Jahr durch 4 und bezeichne den Rest mit b; man dividire es schliesslich nochmals durch 7 und bezeichne den Rest mit c. Dann nehme man den Rest a 19mal und zähle 23 hinzu, theile das Ganze durch 30 und nenne den übrigbleibenden Rest d. Hierauf nehme man den Rest b 2mal, c 4mal, d 6mal, addire alle diese Zahlen, zähle 4 hinzu und theile das Ganze durch 7. Der übrigbleibende Rest heisst e.

Zählt man schliesslich die Zahlen von e und d zusammen und legt 22 hinzu, so giebt das Ganze das Datum des März, auf welches Ostern fällt. Wenn diese Zahl 31 übersteigt, so fällt Ostern natürlich in den April. Ferner ist zu beachten, dass, wenn nach der so eben angegebenen Rechnung der 26. April herauskommt, man immer als Ostertag den 19. April zu nehmen hat. Giebt die Rechnung den 25. April und ist d kleiner als 18 und grösser als 10, so muss man den 18. April nehmen.

Um denjenigen Lesern zu Hilfe zu kommen, welche nach den mitgetheilten Vorschriften das Datum des Ostertages für irgend ein Jahr zu berechnen wünschen, wollen wir hier eine solche kleine Rechnung zur Probe ausführen, und zwar für das Datum des Ostertages im Jahre 1869.

1869 : 19 = 98, Rest = 7, also a = 7,
1869 : 4 = 467, „ = 1, „ b = 1,
1869 : 7 = 267, „ = 0, „ c = 0,
$19 \times a = 19 \times 7 = 133$, $133 + 23 = 156$,
156 : 30 = 5, Rest = 6, also d = 6,
$2 \times b + 4 \times c + 6 \times d = 2 \times 1 + 4 \times 0 + 6 \times 6 = 38$,
hierzu 4 addirt, giebt 42, 42 : 7 = 6, Rest = 0, also e = 0.

Sonach hat man $6 + 0 + 22 = 28$, also Datum des Osterfestes im Jahre 1869: März 28., wie auch in allen Kalendern angegeben ist.

Für die Jahre 1900 bis 2100 ist die Rechnung ganz die gleiche, nur dass man, statt der obigen Zahlen 23 und 4, die Zahlen 24 und

5 zu. nehmen hat. Auf diese Weise findet man z. B., dass im Jahre 2050 das Osterfest am 10. April gefeiert wird.

Cysat, Johann Baptist, geb. 1586 zu Luzern, gest. am 3. März 1657 ebenda, Jesuit und thätiger astronomischer Beobachter, ward Scheiner's Nachfolger auf dem Lehrstuhle der Astronomie zu Ingolstadt, dann 1624 Rector in Luzern und nach einer Reise nach Spanien Rector in Innspruck, Eichstädt und Luzern. Cysat ist der erste Entdecker des grossen Nebels im Orion, dessen er bei Beschreibung des grossen Kometen von 1816 gedenkt, vielleicht auch zweier Monde des Saturn. Zu Ingolstadt beobachtete er am 7. November 1631 den von Kepler angekündigten Merkurdurchgang.

Dämmerung nennt man die Helligkeit, welche sich einige Zeit vor Sonnenaufgang verbreitet und ebenso eine Zeit lang nach Sonnenuntergang noch wahrzunehmen ist. Die erstere nennt man Morgendämmerung, die letztere Abenddämmerung. Die Ursache der Dämmerung ist in der Zurückwerfung der Sonnenstrahlen von den oberen Luftheilchen zu suchen, während die tieferen Theile und die Erdoberfläche von keinem directen Sonnenstrahle getroffen werden. Ohne die Eigenschaft der Luft, das Sonnenlicht zurückzuwerfen, würde dem Untergange der Sonne sofort die tiefste Nacht folgen und ebenso der Tag plötzlich anbrechen. Aber auch während des Tages würde nur da Helligkeit sein, wohin die Sonnenstrahlen direct fallen und die schärfsten Contraste von blendendem Lichte und absoluter Dunkelheit würden allenthalben auftreten.

Man unterscheidet bürgerliche und astronomische Dämmerung. Die erstere findet ihr Ende dann, wenn man ohne Licht in den Wohnungen nicht mehr sehen kann und dies tritt im allgemeinen ein, sobald die Sonne 6^0 bis $6^1/_2{}^0$ tief unter den Horizont gesunken ist. Die astronomische Dämmerung endigt dagegen erst, wenn der letzte Schein von Helligkeit am westlichen Himmel verschwunden ist.

Nach alten Bestimmungen ist dies der Fall, sobald die Sonne 18^0 unter dem Horizonte steht. Nach genauen Untersuchungen von J. Schmidt in Athen verschwindet dagegen die letzte Spur der Dämmerung, sobald die Sonne $15^9/_{10}{}^0$ unter dem Horizonte steht und nahe übereinstimmend damit fand Behrmann aus Beobachtungen in den Aequatorealgegenden das Ende der Dämmerung bei $15^6/_{10}{}^0$ Depression des Sonnenmittelpunktes.

Da die Sonne in verschiedenen Gegenden der Erde die Tiefe von 16 oder 18 Graden unter dem Horizonte nicht gleich schnell erreicht, so ist klar, dass die Dauer der Dämmerung für verschiedene Erdgegenden sehr ungleich sein muss. Zieht man 18 Grade unter dem Horizonte und diesem parallel einen Kreis, den man Dämmerungskreis nennt, so wird die letzte Spur der Dämmerung verschwinden, sobald die Sonne diesen Dämmerungskreis erreicht. In dem Maasse nun als die Sonne schräger gegen den Horizont herabsinkt, braucht sie offenbar mehr Zeit, diesen Dämmerungskreis zu erreichen, weil sie offenbar einen grössern Weg zurückzulegen hat, als da, wo sie mehr

oder weniger senkrecht zum Horizonte untergeht. Dieses Letztere findet am Aequator statt und die Bahn der Sonne liegt immer schräger gegen den Horizont, je mehr man sich vom Aequator entfernt. Die Dämmerung ist daher in den Aequatorealgegenden am kürzesten und wird beiderseits gegen die Pole hin immer länger. Für gewisse Gegenden und gewisse Zeiten ereignet es sich, dass die Sonne überhaupt keine 18 Grad unter den Horizont herabsinkt, den Dämmerungskreis also gar nicht erreicht. Es tritt dann gar keine eigentliche Nacht, sondern zwischen je zwei Tagen bloss eine ununterbrochene (mitternächtliche) Dämmerung statt. Dies ereignet sich z. B. für Orte unter 50^0 nördl. Breite alljährlich am 1. Juni.

Die umstehende Tabelle giebt die Dauer der Dämmerung in Zeitminuten für alle geogr. Breiten und Tage des Jahres und ist unter der Voraussetzung berechnet, dass die letzte Spur der Dämmerung verschwindet, wenn die Sonne 18^0 unter den Horizont herabgesunken ist und die Refraction am Horizonte 33′ 30″ beträgt.

Betrachtet man die Dämmerungserscheinungen häufig und genauer, so findet man bald mehrere stets mehr oder minder deutlich wiederkehrende Eigenthümlichkeiten. Bald nach Sonnenuntergang zeigt sich genau der Sonne gegenüber eine Art von bogenförmigem Segment, das eine anfangs bläuliche, dann bleiartige Farbe besitzt. Es ist dies der Schatten der Erde in der Atmosphäre und die nämliche Erscheinung, welche Mairan mit dem Namen Gegendämmerung bezeichnete. Diese Gegendämmerung gewinnt mit zunehmendem Sinken der Sonne immer mehr Ausdehnung und über der scheinbaren Mitte derselben, gegen den Scheitelpunkt hin, werden gewöhnlich die ersten Sterne sichtbar. Lambert hat aus seinen Beobachtungen gefunden, dass die Grenze der dichtern, noch von der Sonne direct beschienenen Luftschichten gerade durch den Scheitelpunkt geht, wenn die Sonne $6\frac{1}{2}^0$ unter dem Horizonte steht. Vergl. über die Berechnung der Höhe der Luft aus den Dämmerungserscheinungen den Artikel Atmosphäre.

W. v. Bezold hat eine ausgezeichnete Beschreibung der Dämmerung, wie sie sich bei wolkenfreiem Himmel in unsern Klimaten darstellt, gegeben. Sogleich nach Sonnenuntergang steigt am Osthimmel der Erdschatten als aschfarbenes dunkeles Segment herauf und zieht sich allmählich über den schon eine Zeit lang vorher bis zu 6 bis 12^0 Höhe in trüb purpurner Färbung erscheinenden Osthorizont her, der zuweilen noch durch eine schmale weissliche Schicht von dem tieferen Blau des Himmels getrennt ist. Den durch das Heraufdringen des Segments immer schmäler werdenden helleren Gürtel nennt er den ersten östlichen Dämmerungsbogen oder die erste Gegendämmerung. Andererseits ist der westliche Horizont, und zwar auch schon einige Zeit vor Sonnenuntergang, bis zu einer Höhe, die zwischen 8^0 und 12^0 schwankt, gelb, nach unten zu in's Rothe oder Braunrothe übergehend; darüber, namentlich in dem Theil zunächst über der Sonne und bis zu dem ausgesprochenen Blau hinaufreichend, ist eine weisse, sehr durchsichtige Schicht, welche sich nach dem Untergange zu einer in horizontaler Richtung sich ausdehnenden Zone entwickelt, dem Dämme-

Tafel der Dauer der

in Minuten und Zehnteln derselben für alle Orte der Erde von

Declination der Sonne.*)	Geographische 0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
− 24	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	76,5	76,5	76,7	76,8	76,9	77,0	77,2
23	76,0	76,0	75,9	75,9	76,0	75,9	76,0	76,1	76.1	76,2	76,4	76,6
22	75,4	75,4	75,3	75,3	75,4	75,4	75,4	75,6	75,5	75,7	75,9	76,0
21	74,9	74,8	74,8	74,8	74,8	74,8	74,9	75,0	75,0	75,2	75,4	75,5
− 20	74,4	74,3	74,3	74,3	74,3	74,3	74,4	74,4	74,5	74,7	74,9	75,1
19	73,9	73,9	73,1	73,8	73,8	74,0	74,0	73,9	74,1	74,3	74,4	74,6
18	73,5	73,4	73,1	73,4	73,4	73,6	73,6	73,5	73,7	73,9	74,0	74,1
17	73,1	73,0	73,1	73,0	73,0	73,2	73,2	73,2	73,3	73,5	73,6	73,8
− 16	72,7	72,6	72,7	72,7	72,7	72,8	72,9	72,9	73,0	73,1	73,3	73,5
15	72,3	72,3	72,4	72,3	72,4	72,5	72,6	72,5	72,6	72,7	72,9	73,1
14	72,0	71,9	72,0	71,9	72,1	72,1	72,2	72,1	72,3	72,4	72,6	72,8
13	71,7	71,6	71,6	71,6	71,7	71,7	71,8	71,8	72,0	72,1	72,3	72,5
− 12	71,4	71,3	71,3	71,3	71,4	71,4	71,5	71,5	71,7	71,9	72,1	72,3
11	71,1	71,1	71,1	71,1	71,2	71,2	71,2	71,3	71,4	71,6	71,8	72,1
10	70,9	70,9	70,9	70,9	71,1	71,0	71,0	71,1	71,2	71,4	71,6	71,9
9	70,7	70,7	70,8	70,7	70,9	70,9	70,9	70,9	71,0	71,2	71,4	71,7
− 8	70,5	70,5	70,6	70,6	70,7	70,7	70,8	70,8	70,9	71,1	71,3	71,5
7	70,3	70,4	70,4	70,4	70,5	70,6	70,6	70,6	70,7	70,9	71,2	71,4
6	70,2	70,2	70,2	70,2	70,3	70,4	70,4	70,6	70,6	70,8	71,1	71,3
5	70,1	70,0	70,0	70,1	70,1	70,3	70,3	70,5	70,6	70,8	71,0	71,2
− 4	70,0	69,9	69,9	69,9	70,0	70,1	70,2	70,4	70,6	70,8	71,0	71,2
3	69,9	69,9	69,8	69,8	70,0	70,1	70,2	70,3	70,5	70,7	70,9	71,1
2	69,8	69,8	69,8	69,8	69,9	70,0	70,1	70,2	70,4	70,6	70,8	71,1
− 1	69,8	69,7	69,7	69,8	69,9	70,0	70,1	70,2	70,3	70,6	70,8	71,1
0	69,8	69,7	69,7	69,8	69,9	70,0	70,1	70,2	70,4	70,6	70,8	71,1
+ 1	69,8	69,7	69,6	69,8	69,9	70,0	70,0	70,3	70,5	70,7	70,9	71,2
2	69,8	69,7	69,6	69,7	69,8	69,9	70,0	70,3	70,6	70,8	71,0	71,3
3	69,9	69,8	69,6	69,7	69,8	69,9	70,0	70,3	70,6	70,8	71,1	71.4
+ 4	70,0	69,8	69,7	69,8	69,9	70,0	70,1	70,4	70,6	70,9	71,2	71,5
5	70,1	70,0	69,9	70,0	70,1	70,2	70,3	70,6	70,8	71,0	71,3	71,6
6	70,2	70,1	70,0	70,2	70 3	70,4	70,5	70,8	71,0	71,2	71,5	71,8
7	70,3	70,3	70,2	70,4	70,5	70,6	70,8	71,0	71,2	71,4	71,7	72,1
+ 8	70,5	70,5	70,5	70,7	70,8	70,9	71,0	71,3	71,5	71,7	71,9	72,3
9	70,7	70,8	70,8	70,9	70,9	71,1	71,1	71,5	71,8	71,9	72,1	72.6
10	70,9	71,0	71,0	71,1	71,1	71,3	71,4	71,7	72,0	72,2	72,4	72,9
11	71,1	71,2	71,2	71,3	71,3	71,5	71,6	71,9	72,2	72,5	72,7	73,2
+ 12	71,4	71,4	71,4	71,5	71,5	71,7	71,9	72,2	72,5	72,8	73,1	73,4
13	71,7	71,7	71,7	71,8	71,9	72,1	72,3	72,6	72,9	73,1	73,5	73,8
14	72,0	72,0	72,0	72,1	72,2	72,5	72,7	73,0	73,3	73,5	73,8	74,2
15	72,3	72,3	72,4	72,5	72,6	72,9	73,1	73,4	73,7	73,9	74,2	74.6
+ 16	72,7	72,7	72,8	73,0	73,1	73,3	73,5	73,8	74,0	74,3	74,6	75,0
17	73,8	73,2	73,3	73,4	73,6	73,8	74,0	74,3	74,5	74,7	75,2	75,5
18	73,5	73,6	73,8	73,9	74,1	74,3	74,4	74,8	75,0	75,2	75,7	76,0
19	73,9	74,0	74,2	74,4	74,6	74,8	74,9	75,3	75,6	75,8	76,2	76,5
+ 20	74,4	74,5	74,6	74,8	75,0	75,3	75,5	75,8	76,1	76,4	76,7	77,1
21	74,9	75,0	75,2	75,3	75,5	75,8	76,0	76,3	76,7	77,0	77,3	77,7
22	75,4	75,6	75,7	75,9	76,1	76,4	76,6	76,9	77,3	77,7	78,0	78,4
23	76,0	76,2	76,3	76,4	76,6	76,9	77,2	77,5	77,9	78,3	78,7	79,1
+ 24	76,6	76,8	76,9	77,0	77,2	77,5	77.8	78.2	78,6	79,0	79,4	79,8

*) Siehe Anmerkung Seite 84.

astronomischen Dämmerung

0° bis 70° geographischer Breite und für alle Tage des Jahres.

Breite.

12°	13°	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
77,4	77,7	78,0	78,3	78,7	79,0	79,4	79,9	80,4	80,8	81,4	82,0	82,6	83,3
76,8	77,1	77,4	77,7	78,1	78,5	78,9	79,4	79,7	80,1	80,8	81,4	82,0	82,7
76,2	76,5	76,9	77,2	77,6	78,0	78,4	78,8	79,1	79,5	80,2	80,9	81,4	82,1
75,7	76,0	76,4	76,7	77,1	77,5	77,9	78,3	78,6	79,0	79,6	80,3	80,8	81,5
75,3	75,5	75,9	76,2	76,6	77,0	77,4	77,8	78,2	78,6	79,2	79,8	80,4	80,9
74,8	75,1	75,4	75,7	76,1	76,5	76,9	77,2	77,8	78,2	78,8	79,3	79,9	80,3
74,4	74,7	75,0	75,2	75,6	76,0	76,3	76,8	77,3	77,8	78,3	78,8	79,4	79,7
74,0	74,3	74,6	74,8	75,2	75,6	75,9	76,4	76,9	77,4	77,9	78,4	79,0	79,4
73,7	73,9	74,2	74,5	74,9	75,2	75,5	76,0	76,5	77,1	77,6	78,1	78,7	79,2
73,4	73,6	73,8	74,1	74,5	74,9	75,2	75,6	76,1	76,8	77,2	77,8	78,4	78,8
73,1	73,3	73,5	73,8	74,2	74,6	74,9	75,3	75,7	76,4	76,9	77,5	78,1	78,5
72,8	73,0	73,3	73,6	73,9	74,3	74,6	75,0	75,5	76,1	76,6	77,2	77,8	78,2
72,5	72,8	73,1	73,4	73,7	74,0	74,4	74,8	75.3	75,8	76,3	76,9	77,5	78,0
72,3	72,5	72,8	73,2	73,5	73,7	74,1	74,6	75,1	75,6	76,0	76,6	77,2	77,7
72,1	72,3	72,6	73,0	73,3	73,5	73,9	74,4	74,9	75,4	75,8	76,3	77,0	77,5
71,9	72,2	72,5	72,8	73,1	73,4	73,8	74,2	74,7	75,2	75,7	76,2	76,9	77,3
71,8	72,1	72,4	72,7	73,0	73,3	73,7	74,1	74,6	75,1	75,6	76,1	76,8	77,2
71,6	71,9	72,3	72,6	72,8	73,2	73,6	74,0	74,5	75,0	75,5	76,1	76,7	77,1
71,5	71,8	72,2	72,5	72,7	73,1	73,5	73,9	74,4	74,8	75,4	76,0	76.6	77,0
71,4	71,7	72,1	72,4	72,6	73,1	73,5	73,8	74,3	74,8	75,4	76,0	76,6	76,9
71,4	71,7	72,0	72,3	72,6	73,1	73,5	73,9	74,3	74,8	75,4	76,0	76,6	77,0
71,3	71,6	72,0	72,3	72,6	73,0	73,5	73,9	74,3	74,8	75,3	76,0	76,7	77,1
71,3	71,6	72,0	72,3	72,6	73,0	73,5	74,0	74,4	74,8	75,4	76,0	76,7	77,2
71,3	71,6	72,0	72,3	72,7	73,0	73,5	74,0	74,4	74,8	75,4	76,0	76,7	77,2
71,4	71,7	72,0	72,3	72,7	73,1	73,5	74,0	74,4	74,9	75,5	76,1	76,7	77,3
71,4	71,7	72,1	72,5	72,8	73,1	73,6	74.1	74,5	75,0	75,6	76,2	76,8	77,5
71,5	71,8	72,2	72,6	72,9	73,2	73,7	74,2	74,7	75,2	75,7	76,3	76,9	77,6
71,6	71,9	72,3	72,7	73,1	73,4	73,9	74,4	74,9	75,4	75,9	76,4	77,0	77,8
71,8	72,1	72,4	72,8	73,2	73,6	74,1	74,6	75,0	75,5	76,0	76,6	77,2	78,0
71,9	72,2	72,6	73,1	73,4	73,8	74,3	74,8	75,2	75,7	76,3	76,9	77.5	78,2
72,1	72,4	72,8	73,3	73,6	74,1	74,5	75,0	75,5	76,0	76,6	77,2	77,8	78,5
72,4	72,6	73,0	73,5	73,8	74,3	74,8	75,2	75,7	76,3	76,9	77,6	78,2	78,9
72,6	72,9	73,3	73,7	74,0	74,5	75,0	75,5	76.0	76,6	77,2	77,9	78,6	79,3
72,8	73,2	73,6	74,0	74,3	74,8	75,3	75,8	76,3	76,9	77,6	78,3	79,0	79,7
73,1	73,4	73,9	74,3	74,6	75,1	75,6	76,1	76,7	77,2	77,9	78,7	79,5	80,2
73,4	73,7	74,1	74,6	74,9	75,4	75,9	76,4	77,1	77,6	78,3	79,1	79,9	80,6
73,7	74,0	74,4	74,8	75,3	75,7	76,2	76,8	77,5	78,1	78,7	79,5	80,3	81,1
74,1	74,4	74,8	75,2	75,8	76,2	76,6	77,3	78,0	78,6	79,2	79,9	80,7	81,6
74,5	74,8	75,2	75,7	76,3	76,6	77,1	77,8	78,5	79,2	79,8	80,5	81,2	82,2
74,9	75,3	75,7	76,2	76,7	77,2	77,7	78,3	79,0	79,7	80,5	81,2	81,9	82,9
75,4	75,8	76,2	76,7	77,2	77,7	78,3	78,9	79,6	80,3	81,1	81,9	82,7	83,6
75,9	76,3	76,7	77,2	77,7	78,3	78,9	79,5	80,2	80,9	81,8	82,6	83,6	84,4
76,4	76,9	77,3	77,8	78,2	78,8	79,6	80,2	80,9	81,6	82,5	83,3	84,4	85,2
76,9	77,4	77,9	78,4	78,8	79,4	80,2	80,9	81,7	82,4	83,3	84,2	85,3	86,1
77,5	78,0	78,5	79,0	79,5	80,1	80,8	81,6	82,4	83,2	84,1	85,1	86,1	87,0
78,1	78,6	79,2	79,7	80,3	80,9	81,6	82,4	83,2	84,1	85,0	86,0	87,0	88,0
78,7	79,2	79,8	80,5	81,1	81,8	82,5	83,3	84,1	85,0	85,9	87,0	88,0	89,1
79,5	79,9	80,5	81,2	81,9	82,6	83,3	84,2	85,0	86,0	86,9	88,0	89,0	90,2
80,2	80,7	81,3	82,1	82,7	83,5	84,3	85,2	86,0	87,0	88,0	89,0	90,1	91,4

Tafel der Dauer der

in Minuten und Zehnteln derselben für alle Orte der Erde von

Declination der Sonne.	Geographische										
	26°	27°	28°	29°	30°	31°	32°	33°	34°	35°	36°
− 24	84,0	81,7	85,5	86,4	87,4	88,3	89,3	90,4	91,5	92,7	94,0
23	83,3	84,0	84,8	85,7	86,6	87,7	88,5	89,7	90,8	92,0	93,2
22	82,7	83,4	84,2	85,1	85,9	87,1	87,8	89,0	90,1	91,3	92,5
21	82,1	82,8	83,6	84,5	85,3	86,4	87,2	88,3	89,4	90,6	91,7
− 20	81,6	82,3	83,1	83,9	84,8	85,7	86,6	87,6	88,7	89,9	91,0
19	81,1	81,9	82,7	83,4	84,3	85,1	86,0	87,0	88,1	89,3	90,3
18	80,6	81,4	82,2	82,9	83,8	84,6	85,5	86,5	87,5	88,7	89,7
17	80,1	80,9	81,7	82,5	83,3	84,1	85,0	86,0	87,0	88,1	89,2
− 16	79,8	80,5	81,3	82,1	82,9	83,7	84,6	85,5	86,5	87,6	88,8
15	79,4	80,1	80,9	81,7	82,5	83,3	84,2	85,1	86,1	87,3	88,3
14	79,0	79,7	80,5	81,3	82,1	82,9	83,8	84,8	85,8	87,0	88,0
13	78,7	79,4	80,1	80,9	81,7	82,6	83,5	84,5	85,5	86,7	87,7
− 12	78,5	79,1	79,9	80,7	81,5	82,3	83,3	84,3	85,3	86,4	87,4
11	78,3	78,9	79,7	80,5	81,3	82,1	83,1	84,1	85,1	86,1	87,2
10	78,1	78,7	79,5	80,3	81,1	81,9	82,9	83,9	84,9	85,9	88,0
9	78,0	78,6	79,3	80,1	80,9	81,7	82,7	83,7	84,7	85,7	86,8
− 8	77,9	78,6	79,3	80,0	80,8	81,6	82,6	83,5	84,5	85,5	86,6
7	77,8	78,4	79,1	80,0	80,7	81,5	82,5	83,3	84,3	85,4	86,5
6	77,7	78,2	79,0	79,9	80,7	81,5	82,4	83,2	84,3	85,3	86,4
5	77,6	78,0	79,0	79,9	80,7	81,5	82,4	83,2	84,3	85,3	86,4
− 4	77,5	78,2	79,0	79,9	80,7	81,5	82,4	83,3	84,3	85,4	86,5
3	77,5	78,3	79,1	80,0	80,7	81,6	82,5	83,4	84,4	85,5	86,5
2	77,6	78,4	79,2	80,1	80,8	81,7	82,6	83,6	84,5	85,6	86,6
− 1	77,7	78,5	79,3	80,2	80,9	81,8	82,7	83,7	84,7	85,8	86,8
0	77,8	78,5	79,3	80,2	81,0	81,9	82,9	83,9	84,9	86,0	87,0
+ 1	78,0	78,7	79,5	80,3	81,1	82,1	83,0	84,1	85,1	86,2	87,3
2	78,3	79,0	79,7	80,4	81,3	82,3	83,2	84,3	85,3	86,5	87,7
3	78,5	79,2	80,0	80,7	81,6	82,6	83,5	84,6	85,6	86,8	88,1
+ 4	78,7	79,4	80,2	81,0	81,9	82,8	83,8	84,9	86,0	87,2	88,5
5	79,0	79,8	80,6	81,4	82,2	83,2	84,2	85,3	86,4	87,6	89,0
6	79,3	80,1	80,9	81,8	82,6	83,7	84,6	85,8	86,9	88,0	89,4
7	79,6	80,5	81,3	82,2	83,1	84,2	85,1	86,4	87,4	88,6	89,9
+ 8	80,0	80,9	81,7	82,6	83,6	84,6	85,7	86,9	88,0	89,2	90,5
9	80,4	81,3	82,2	83,1	84,1	85,1	86,3	87,4	88,6	89,9	91,1
10	80,9	81,8	82,7	83,6	84,6	85,7	86,9	88,0	89,3	90,6	91,9
11	81,4	82,3	83,2	84,2	85,2	86,3	87,5	88,7	90,1	91,4	92,8
+ 12	82,0	82,8	83,8	84,8	85,8	86,9	88,1	89,4	90,8	92,3	93,8
13	82,6	83,4	84,4	85,4	86,5	87,6	88,8	90,2	91,6	93,3	94,7
14	83,2	84,1	85,1	86,1	87,2	88,4	89,6	91,1	92,5	94,3	95,7
15	83,9	84,8	85,8	86,9	88,1	89,4	90,6	92,1	93,5	95,3	96,8
+ 16	84,5	85,5	86,6	87,8	89,1	90,4	91,7	93,1	94,6	96,3	98,0
17	85,2	86,3	87,5	88,8	90,1	91,4	92,7	94,2	95,9	97,5	99,3
18	86,0	87,1	88,5	89,8	91,1	92,5	93,9	95,5	97,2	98,8	100,7
19	87,0	88,1	89,5	90,8	92,1	93,6	95,1	96,7	98,5	100,3	102,3
+ 20	88,0	89,1	90,5	91,8	93,3	94,8	96,4	98,1	100,0	102,0	104,1
21	89,0	90,2	91,7	93,0	94,6	96,2	97,9	99,6	101,6	103,9	106,0
22	90,2	91,4	93,0	94,3	95,9	97,6	99,5	101,2	103,3	105,8	108,1
23	91,3	92,6	94,3	95,8	97,4	99,2	101,2	103,0	105,3	107,8	110,3
+ 24	92,6	94,0	95,6	97,3	99,0	100,9	103,0	105,0	107,3	110,0	112,7

astronomischen Dämmerung.

0° bis 70° geographischer Breite und für alle Tage des Jahres.

Breite.

37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°	44°	45°	46°	47°	48°
95,3	96,8	98,4	99,9	101,6	103,4	105,3	107,3	109,5	111,8	114,2	116,8
94,4	95,8	97,3	98,9	100,5	102,2	104,2	106,1	108,1	110,4	112,8	115,3
93,7	95,0	96,4	98,0	99,6	101,2	103,1	105,0	106,9	109,2	111,5	113,9
92,9	94,2	95,6	97,1	98,7	100,3	102,1	104,0	105,9	108,1	110,3	112,6
92,2	93,5	94,8	96,4	97,9	99,5	101,3	103,1	105,0	107,1	109,2	111,5
91,5	92,8	94,0	95,7	97,1	98,8	100,6	102,3	104,2	106,2	108,3	110,5
91,0	92,1	93,4	95,1	96,5	98,1	99,9	101,5	103,4	105,4	107,5	109,6
90,4	91,6	92,9	94,5	95,9	97,5	99,2	100,9	102,7	104,6	106,7	108,8
90,0	91,1	92,4	93,9	95,4	96,9	98,5	100,2	102,1	104,1	106,0	108,1
89,5	90,6	91,9	93,4	94,8	96,3	98,0	99,6	101,6	103,4	105,3	107,4
89,1	90,2	91,5	93,0	94,3	95,8	97,5	99,1	101,0	102,8	104,7	106,8
88,8	89,9	91,2	92,6	93,9	95,3	97,1	98,7	100,5	102,3	104,1	106,2
88,5	89,6	90,9	92,2	93,5	95,0	96,7	98,4	100,0	101,8	103,7	105,8
88,2	89,3	90,6	91,9	93,2	94,7	96,4	98,1	99,7	101,5	103,3	105,5
88,0	89,0	90,4	91,7	93,0	94,4	96,2	97,8	99,4	101,3	103,0	105,2
87,8	88,9	90,2	91,5	92,8	94,3	96,0	97,6	99,2	101,1	102,9	105,0
87,7	88,8	90,1	91,4	92,7	94,2	95,8	97,4	99,1	100,9	102,8	104,8
87,6	88,7	90,0	91,4	92,6	94,1	95,7	97,4	99,0	100,9	102,7	104,8
87,5	88,7	90,0	91,4	92,6	94,1	95,7	97,4	99,0	100,9	102,7	104,8
87,6	88,8	90,0	91,4	92,7	94,2	95,7	97,5	99,1	101,0	102,8	104,9
87,7	88,9	90,1	91,4	92,8	94,3	95,9	97,6	99,3	101,1	103,0	105,1
87,7	89,0	90,2	91,5	92,9	94,5	96,2	97,8	99,5	101,3	103,3	105,3
87,8	89,1	90,4	91,6	93,1	94,7	96,5	98,0	99,8	101,6	103,6	105,6
88,0	89,3	90,6	91,9	93,4	95,0	96,8	98,2	100,1	102,0	104,1	106,1
88,2	89,5	90,8	92,3	93,8	95,3	97,0	98,6	100,5	102,0	104,6	106,7
88,5	89,8	91,1	92,7	94,2	95,6	97,4	99,1	101,0	103,1	105,2	107,4
88,9	90,2	91,6	93,0	94,6	96,0	97,8	99,6	101,6	103,8	105,8	108,1
89,4	90,6	92,0	93,4	95,1	96,6	98,3	100,4	102,2	104,4	106,5	108,9
89,8	91,1	92,5	93,9	95,6	97,2	99,0	100,9	102,9	105,1	107,3	109,7
90,3	91,7	93,0	94,5	96,2	98,0	99,8	101,7	103,7	106,0	108,3	110,7
90,8	92,2	93,5	95,2	97,0	98,8	100,6	102,6	104,6	107,0	109,3	111,9
91,3	92,8	94,2	96.0	97,7	99,6	101,5	103,5	105,6	108,0	110,5	113,3
91,9	93,4	95,0	96,7	98,5	100,4	102,4	104,5	106,7	109,2	111,9	114,8
92,5	94,2	95,9	97,5	99,4	101,4	103,5	105,6	108,0	110,6	113,4	116,4
93,3	95,0	96,8	98,4	100,4	102,5	104,7	106,9	109,4	112,1	115,0	118,1
94,3	95,9	97,8	99,5	101,5	103,6	106,0	108,3	110,9	113,7	116,7	120,0
95,3	96,9	98,8	100,7	102,7	104,9	107,4	109,9	112,6	115,5	118,7	122,2
96,4	98,0	100,0	102.0	104,1	106,4	109,0	111,7	114,5	117,5	120,8	124,7
97,4	99,2	101,3	103,3	105,6	108,0	110,7	113,6	116,5	119,8	123,3	127,5
98,6	100,5	102,6	104,8	107,3	109,7	112,5	115,7	118,8	122,3	126,2	130,7
99,8	101,9	104,1	106,5	109,0	111,7	114,5	117,8	121,3	125,1	129,4	134,3
101,2	103,6	105,9	108,3	111,0	113,8	116,9	120,2	124,1	128,3	133,0	138,3
102,8	105,3	107,7	110,2	113,1	116,1	119,5	123,1	127,3	131,9	137,0	142,9
104,6	107,2	109,6	112,3	115,4	118,8	122,4	126,4	130,9	136,0	141,7	148,4
106,5	109,1	111,8	114,7	118,0	121,6	125,5	130,1	134,9	140,7	147,3	155,1
108,6	111,2	114,2	117,3	120,9	124,8	129,2	134,3	139,7	146,2	154,0	163,4
110,7	113,6	116,9	120,2	124,2	128,5	133,3	139,0	145,3	152,9	162,3	174,2
113,1	116,3	119,8	123,5	127,9	130,7	138,1	144,4	152,0	161,2	173,0	190,2
115,8	119,2	123,0	127,1	131,9	137,4	143,7	151,1	160,0	171,9	188,9	237,2

Tafel der Dauer der

in Minuten und Zehnteln derselben für alle Orte der Erde von

Declination der Sonne.	Geographische									
	49°	50°	51°	52°	53°	54°	55°	56°	57°	58°
− 24	119,7	122,7	126,1	129,5	133,3	137,5	141,9	146,5	152,2	158,3
23	118,0	121,0	124,1	127,4	131,0	135,0	139,2	143,7	148.8	154,5
22	116,4	119,4	122,3	125.5	128,9	132.7	136,8	141,2	145,9	151,2
21	115,1	117,9	120,7	123,9	127,1	130,8	134,7	138,8	143,3	148,2
− 20	113,9	116,6	119,4	122,4	125,6	129,1	132,8	136,7	141,0	145,7
19	112,9	115,5	118,2	121,0	124,2	127,5	131,1	134,9	139,0	143,6
18	112,0	114,5	117,0	119,8	122,9	126,1	129,5	133,2	137,2	141,6
17	111,1	113,5	116,0	118,8	121,7	124,9	128,1	131,8	135,7	139,9
− 16	110,3	112,6	115,1	117,8	120,6	123,7	127,0	130,5	134,3	138,4
15	109,6	111,9	114,3	116,9	119,7	122,7	126,0	129,3	133,0	137,1
14	109,0	111,2	113,6	116,2	118,9	121,9	125,1	128,4	132,0	136,0
13	108,4	110,6	113,0	115,5	118,3	121,3	124,4	127,7	181,2	135,0
− 12	107,9	110,1	112,5	115,1	117,9	120,8	123,8	127,1	130,5	134 3
11	107,5	109,7	112,1	114,7	117,5	120,3	123,4	126,5	130,0	133,7
10	107,3	109,5	111,8	114,4	117,2	120,0	123,0	126,2	129,6	133,3
9	107,1	109,3	111,6	114,1	116,9	119,7	122,8	125,9	129,4	133,1
− 8	106,9	109,2	111,5	114,0	116,7	119,5	122,6	125,9	129,4	133,0
7	106,9	109,2	111,5	114,0	116,6	119,5	122,6	125,9	129,4	133,1
6	106,9	109,2	111,6	114,2	116,8	119,7	122,8	126,1	129,5	133,4
5	107,0	109,4	111,8	114,4	117,1	120,0	123,1	126,4	129,9	133,8
− 4	107,2	109,6	112,1	114,8	117,6	120,5	123,5	126,8	130,4	134,3
3	107,5	109.9	112,4	115,2	118,1	120,9	124,0	127,4	131,1	135,0
2	107,9	110,3	112,9	115,7	118,6	121,5	124,7	128,2	131,9	135,9
− 1	108,4	110,7	113,5	116,3	119,2	122,2	125,5	129,1	132,9	137,1
0	109,0	111,4	114,1	116,9	119,9	123,1	126,5	130,2	134,2	138,5
+ 1	109,7	112,2	114,9	117,7	120,9	124,1	127,7	131,4	135,7	140,1
2	110,5	113,1	115,7	118,7	122,0	125,3	129,1	132,9	137,3	142,0
3	111,4	114,0	116,7	119,8	123,2	126,7	130,7	134,6	139,2	144,2
+ 4	112,3	115,1	118,0	121,1	124,5	128,3	132,4	136,7	141,4	146,7
5	113,3	116,4	119,4	122,6	126,1	130.1	134,4	139,0	144,0	149,6
6	114,6	117,7	121,0	124,3	128,1	132,2	136,6	141,5	146,9	152,9
7	116,1	119,2	122,6	126,1	130,2	134,5	139,2	144,5	150,3	156,8
+ 8	117,8	121,0	124,4	128,2	132,5	137,2	142,3	147,9	154,2	161,5
9	119,6	122,9	126,5	130,5	135,2	140,2	145,7	151,9	158,9	167,1
10	121,6	125,0	129,0	133,3	138,4	143,6	149,7	156,6	164,4	173,9
11	123,7	127,4	131,8	136,4	141,9	147,6	154,3	162,1	171,2	182,3
+ 12	126,0	130,2	134,8	139,9	145,7	152,3	159,8	168,8	179,7	193,7
13	128,7	133,3	138,1	144,0	150,4	157,8	166,5	177,2	190,9	210,4
14	131,9	136,8	142,2	148,7	155,9	164,5	175,0	188,4	207,6	261,1
15	135,5	140,8	147,0	144,3	162,6	172,9	186,1	205,0	257,8	
+ 16	139,5	145,5	152,5	160,9	171,0	184,0	202,5	254,7		
17	144,1	151,1	159,2	169,2	182,0	200,2	251,9			
18	149,8	157,8	167,5	180,2	198,2	249,2				
19	156,3	166,0	178,4	197,3	246,8					
+ 20	164,6	176,9	194,6	244,5						
21	175,4	193,0	242,6							
22	191,3	240,6								
23	238,7									
+ 24										

astronomischen Dämmerung.

0° bis 70° geographischer Breite und für alle Tage des Jahres.

Breite.

59°	60°	61°	62°	63°	64°	65°	66°	67°	68°	69°	70°
165,0	172,6	181,3	191,3	203,4	218,2	238,0	268,6				
160,7	167,7	175,5	184,4	194,8	207,2	222,5	242,6	274,1			
157,0	163,4	170,5	178,7	187,8	198,6	211,4	227,1	247,9	280,2		
153,8	159,8	166,4	173,8	182,1	191,7	202,9	215,9	232,3	253,7	286,9	
150,9	156,5	162,7	169,6	177,3	186,0	196,0	207,4	221,4	238,0	260,3	294,6
148,4	153,7	159,6	166,1	173,2	181,2	190,3	200,6	212,6	227,8	244,6	267,5
146,3	151,5	156,9	163,1	169,6	177,3	185,6	195,1	205,9	218,4	233,5	251,4
144,4	149,4	154,6	160,5	166,7	173,9	181,7	190,5	200,4	211,7	224,9	240,5
142,7	147,5	152,5	158,2	164,3	171,1	178,4	186,7	195,9	206,3	218,3	232,2
141,2	145,9	150,9	156,3	162,2	168,6	175,7	183,6	192,2	202,1	213,1	225,9
141,0	144,6	149,4	154,6	160,4	166,6	173,5	181,1	189,4	198,6	209,1	220,9
139,1	143,6	148,2	153,3	159,9	165,0	171,7	179,0	187,0	195,9	205,9	217,0
138,3	142,7	147,3	152,4	157,8	163,8	170,3	177,4	185,2	193,9	203,5	214,2
137,7	142,1	146,6	151,6	157,0	162,8	169,5	176,3	183,9	192,4	201,8	212,1
137,3	144,6	146,2	151,1	156,5	162,3	168,9	175,5	183,1	191,4	200,7	211,1
137,1	141,3	145,9	150,8	156,2	162,0	168,4	175,1	182,7	191,0	200,2	210,6
137,0	141,2	145,7	150,7	156,1	161,9	168,3	175,2	182,8	191,1	200,4	210,8
137,1	141,3	145,9	150,8	156,2	162,2	168,6	175,6	183,3	191,8	201,2	211,7
137,4	141,7	146,3	151,3	156,7	162,7	169,3	176,5	184,2	192,9	202,8	213,5
137,8	142,3	147,0	152,0	157,5	163,6	170,4	177,6	185,7	194,7	204,9	216,1
138,5	143,1	147,9	153,0	158,7	164,9	171,9	179,4	187,7	197,1	207,7	219,8
139,3	144,0	148,9	154,3	160,2	166,7	173,7	181,6	192,4	200,3	211,6	224,6
140,3	145,2	150,2	155,8	161,9	168,6	176,1	184,4	193,8	204,4	216,4	231,2
141,7	146,6	151,8	157,6	164,0	171,1	179,1	188,0	198,0	209,6	223,3	239,8
143,2	148,2	153,8	159,9	166,7	174,2	182,6	192,3	203,4	216,3	232,1	252,0
144,9	150,3	156,2	162,6	169,8	177,9	187,1	197,6	210,2	225,1	244,2	270,9
147,0	152,7	159,0	165,9	173,5	182,4	192,5	204,5	219,0	237,0	272,9	331,4
149,5	155,5	162,2	169,7	178,1	187,9	199,8	213,2	231,0	255,7	322,3	
152,4	158,8	166,1	174,3	183,7	194,8	208,1	225,1	259,2	314,1		
155,7	162,7	170,6	179,8	190,5	203,5	220,0	243,3	306,5			
159,7	167,4	176,0	186,5	199,2	215,3	237,9	299,7				
164,3	172,9	183,0	195,2	210,9	233,0	293,4					
169,9	179,7	191,6	206,8	228,4	287,6						
176'6	188,3	203,1	224,2	282,3							
185,2	199,7	220,4	277,4								
196,5	216,8	272,9									
213,5	268,7										
264,8											

6*

rungsschein von Brandes, unter welcher sich der gelbe Horizont zu einem Segment gestaltet — dem ersten westlichen Dämmerungsbogen. Gleichzeitig bildet sich über dem Scheitel des letzteren in einer Höhe von etwa 25° eine purpurne Stelle, welche, rasch an Ausdehnung zunehmend, gegen die Zeit ihres Helligkeitsmaximums, welches bei einem Sonnenstande von 3,4—4,5° unter dem Horizont eintritt, die Form eines Kreises annimmt, dessen unterer Theil vom gelben Segment verdeckt wird und dessen Centrum unter Vergrösserung des Radius allmählich unter letzteren sich herabzieht, bis von der Kreisfläche nur eine schmale Zone übrig bleibt und auch diese zuletzt mit rasch abnehmender Tageshelle beim Eintritt des Endes der bürgerlichen Dämmerung (bei einer nahe 6° betragenden Sonnentiefe) gänzlich verschwindet. Dies erste Purpurlicht erklärt Bezold für die Ursache des Nachglühens der Alpen, welches auf das durch die letzten directen Sonnenstrahlen erzeugte eigentliche Alpenglühen nach einer Pause von wenigen Minuten, in denen die Berge düster und farblos grau erscheinen, zu folgen pflegt, so oft jenes Purpurlicht zur Entwicklung kommt und von welchem man ein Analogon in der Ebene um diese Zeit und

*) (Anmerkung zu S. 78.) Der Gebrauch dieser Tafel ist ungemein einfach und leicht, doch setzt derselbe die Kenntniss der Declination der Sonne für die einzelnen Tage des Jahres voraus, weshalb eine Tabelle dieser Declinationen hier folgt.

Declination der Sonne.			Declination der Sonne.		
Januar	1	− 23°	Juli	10	+ 22°
„	11	− 21°	„	20	+ 21°
„	21	− 20°	„	30	+ 19°
„	31	− 17°	August	9	+ 16°
Februar	10	− 14°	„	19	+ 13°
„	20	− 11°	„	29	+ 9°
März	2	− 7°	Septbr.	8	+ 6°
„	12	− 3°	„	18	+ 2°
„	22	+ ½°	„	28	− 2°
April	1	+ 4°	October	8	− 6°
„	11	+ 8°	„	18	− 9°
„	21	+ 12°	„	28	− 13°
Mai	1	+ 15°	Novbr.	7	− 16°
„	11	+ 18°	„	17	− 19°
„	21	+ 20°	„	27	− 21°
„	31	+ 22°	Decbr.	7	− 23°
Juni	10	+ 22°	„	17	− 23°
„	20	+ 23°	„	27	− 23°
„	30	+ 23°			

Gesetzt nun, man suche die Dauer der Dämmerung am 16. April für einen Ort unter 50° nördl. Breite, also z. B. für die Stadt Mainz. Man findet aus der vorstehenden Tafel die Declination der Sonne am 11. April = + 4°, am 21. April = + 8°; sie hat also in 10 Tagen um 4° zugenommen, in 5 Tagen also, d. h. vom 11. bis zum 16. April, um 2°, sie beträgt danach am 16. April: + 6°. Jetzt sucht man in der Haupttafel in der ersten verticalen Spalte die horizontale Linie, vor welcher + 4° Declination der Sonne steht une findet dann in der mit 50° Br. überschriebenen Spalte in der entsprechenden Zeile als Dauer der Dämmerung angegeben 115,1 Minuten = 1 Stunde 55,1 Minuten.

unter denselben Umständen in der rothen Beleuchtung von Mauern erblickt, die gegen Westen gekehrt sind. — Nach dem Verschwinden des Purpurlichtes wiederholt sich der ganze Vorgang noch einmal, aber in viel schwächerer Weise. Am Osthorizont nämlich wird wieder eine, wenn auch sehr schwache Beleuchtung, respective Färbung bemerkbar, zuweilen mit Spuren eines zweiten dunklen Segments; gleichzeitig erscheint im Westen ein zweites (gelbes oder genauer ein trüb grünlichgelbes) Segment, welches über dem ersten gelben sich entwickelt und in einen hellen Bogen (dem zweiten Dämmerungsbogen) ausläuft und darüber endlich zuweilen ein zweites (in's Gelblichrothe spielendes) Purpurlicht. Beide hellen Segmente sinken gleichmässig mit der Sonne, so dass der Abstand von der letztern constant bleibt. Für den ersten Bogen schwankt dieser Abstand je nach dem Tage zwischen 8° und 12°, für den zweiten beträgt er ungefähr das 2,2fache des ersten. Ist die Sonne etwa 7° unter den Horizont gesunken, so wird die Grenze zwischen dem noch hellen Himmelstheile und dem übrigen Himmel in einem Bogen, der in etwa 30° Zenithabstand culminirt, ziemlich deutlich bemerkbar. Diesen Bogen hält v. Bezold für die Grenze des nach seinem Unmerklichwerden wieder zur Wahrnehmung kommenden, über das Zenith vorgedrungenen ersten dunklen Segments, welches nunmehr rasch wie ein dunkler Schleier herabsinkt, bis es sich mit dem zweiten westlichen Dämmerungsbogen vermischt.

Die zweite Dämmerung scheint dem ganzen Verlauf nach in derselben Weise erzeugt zu werden, wie die erste Dämmerung durch das directe Sonnenlicht sich erzeugt.

Am schönsten und vollkommensten fand v. Bezold die Erscheinung in den Monaten October und November, am unscheinbarsten im April und den folgenden Monaten.

Dalton, John, einer der scharfsinnigsten Physiker der neueren Zeit, geb. am 5. September 1766 zu Eaglesfield in Cumberland, gest. am 27. Juli 1844 zu Manchester, war der Sohn eines armen Wollenwebers. Durch eisernen Fleiss verschaffte er sich ausgedehnte Kenntnisse in der Physik, Chemie und Mathematik und ward 1781 Hülfslehrer in einer Schule zu Kendel, welche sein Neffe Bewley leitete. Im Jahre 1793 wurde er Lehrer der Physik und Mathematik am New-College in Manchester und blieb in dieser Stellung bis zum Jahre 1801. Von da an lebte er hauptsächlich von Privatunterricht und den Vorlesungen, die er von Zeit zu Zeit in mehreren grösseren Städten Englands hielt.

Damoiseau, Marie Charles Theodor, Baron de, berühmter astronomischer Rechner, geb. am 9. April 1768 zu Besançon, gest. am 8. August 1846 zu Issy bei Paris, widmete sich dem Militärdienste und kam nach Lissabon, wo er gleichzeitig Vicedirector der dortigen Sternwarte wurde. Nach Napoleons Sturze wurde er Director der Sternwarte der Militärschule in Paris und Mitglied der dortigen Akademie der Wissenschaften. Die frühesten Arbeiten Damoiseau's erstreckten sich auf die Berechnung von Kometen, besonders des Halley'schen, dessen Wiederkehr er bestimmte. Später wandte sich Damoiseau mit Vorliebe der Mond-

theorie zu und 1824 erschienen seine Mondtafeln, 1836 seine ekliptischen Tafeln der Jupitersmonde, nach denen noch gegenwärtig die Erscheinungen dieser Satelliten berechnet werden.

Dangos, Malteserritter und Vorstand der Sternwarte auf Malta, machte verschiedene meteorologische und astronomische Beobachtungen, wurde aber hauptsächlich bekannt und berüchtigt durch die erdichtete Entdeckung eines Kometen, den er 1784 aufgefunden haben wollte. Encke wies 1820 den Betrug nach. Dangos starb 1836 zu Tarbes.

Declination der Gestirne, s. Abweichung, astronomische.

Declinationskreis, s. Abweichungskreis.

Delambre, Jean Baptist Joseph, berühmter Astronom, geb. am 19. September 1749 zu Amiens, gest. am 19. August 1822 zu Paris, war anfangs Hauslehrer in Paris, wurde aber, nachdem er seine Tafeln der Bewegung der Sonne, des Jupiter, Saturn und Uranus veröffentlicht, im Jahre 1792 Mitglied und 1803 beständiger Secretär der Pariser Akademie, sowie 1807 Professor der Astronomie am Collège de France. Bei der Ausführung der grossen französischen Gradmessung, die später von Arago beendigt wurde, spielte er eine Hauptrolle. Von seinen Werken sind hauptsächlich zu nennen sein Handbuch der theoretischen und praktischen Astronomie in 3 Bänden, sowie seine Geschichte der Astronomie der alten, mittlern und neuern Zeit.

Delaunay, Charles Eugène, berühmter Mathematiker, geb. am 9. April 1816, wurde Professor an der Polytechnischen Schule, 1855 Mitglied der Pariser Akademie und ist seit 1869 Director der Sternwarte in Paris. Delaunay's mathematische Arbeiten erstrecken sich hauptsächlich über Gegenstände der Mechanik des Himmels. Seine neuen Mondtafeln werden gegenwärtig auf Kosten des Staates gedruckt.

Delisle, Joseph Nicolaus, geb. am 21. April 1688 zu Paris, gest. am 11. September 1768 ebenda, beobachtender Astronom, wurde 1714 Mitglied der Pariser Akademie, ging 1725 als Mitglied der Petersburger Akademie nach Petersburg und kehrte 1747 von dort wieder nach Paris zurück. Seine astronomischen Beobachtungen erstrecken sich hauptsächlich auf Finsternisse.

Depression, s. Neigung des Meerhorizonts.

Derham, William, geb. am 26. November 1657 zu Stougthon bei Worcester, gest. am 5. April (a. St.) 1735 zu Upminster, wurde 1689 Pfarrer zu Upminster und 1716 Canonicus zu Windsor. Er schrieb Vieles über die verschiedenartigten Gegenstände der Astronomie und Physik, am bekanntesten wurde er durch seine Physico-Theology, 1713, und Astro-Theology, 1714.

Descension, s. Absteigung.

Diaphanometer, eine von Saussure angegebene Vorrichtung, um die Grösse der Lichtverschluckung in der Atmosphäre zu bestimmen. S. Absorption und Durchsichtigkeit.

Dichtigkeit eines Körpers bezeichnet die Menge seiner wägbaren Bestandtheile im Vergleich zu derjenigen eines andern Körpers, der ein gleiches Volum besitzt. Ein Körper ist nmal so dicht als ein anderer, wenn er im gleichen Raume nmal so viele wägbaren Bestand-

theile besitzt. Nennt man D und d die Dichtigkeiten, V und v die Volumina und M und m die Massen zweier Körper, so hat man allgemein:

$$D : d = M \times v : m \times V$$
$$\text{oder } D : d = \frac{M}{V} : \frac{m}{v}$$

Bei der Angabe der Dichtigkeiten nimmt man gewöhnlich die Dichtigkeit des reinen Wassers als Einheit an. Die in dieser Einheit ausgedrückten Dichten der Körper werden auch ihre specifischen Gewichte genannt.

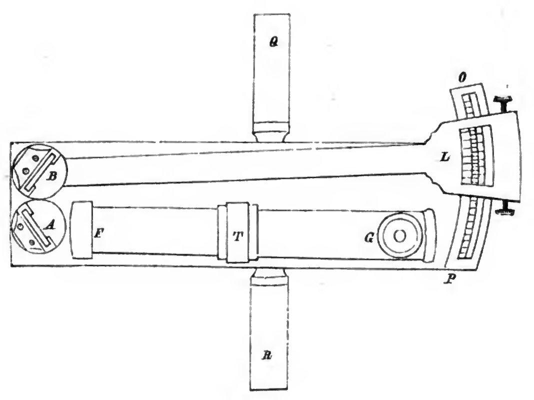
Digression, s. Elongation.

Diopter, Visirritze, wird jedes der mit einem senkrechten Einschnitt versehenen Metallplättchen genannt, welche bei gewissen Winkelmessinstrumenten an den Endpunkten des Visirlineals angebracht sind. Das vordere oder Objectivdiopter besitzt einen grösseren, viereckigen Einschnitt, durch dessen Mitte ein Pferdehaar senkrecht ausgespannt ist. Das hintere oder Oculardiopter hat einen sehr engen Spalt oder auch bloss mehrere vertical unter einander stehende sehr kleine Oeffnungen. Man visirt, indem man durch das Oculardiopter schaut und den Gegenstand mit dem Haare des Objectivdiopters zur Berührung bringt. Messungen von Winkeln mittels Diopteru können natürlich keine scharfen Resultate geben, daher man dieselben auch seit Erfindung der Fernrohre bei astronomischen Beobachtungen nicht mehr anwendet. Dagegen bedienen sich häufig noch die Feldmesser derselben, wenn es hier auf grössere Genauigkeit nicht ankommt.

Dioptrik, derjenige Theil der Lehre vom Lichte (Optik), welcher sich mit den Erscheinungen und Gesetzen des Durchgangs desselben durch durchsichtige Körper beschäftigt. Die ersten scharfen Anfangsgründe dieses gegenwärtig bewunderungswürdig ausgebildeten Zweiges der Wissenschaft, treffen wir bei Ptolomäus, aber erst Kepler gelang es, die Dioptrik zu einer mehr wissenschaftlichen Disciplin zu erheben. Von ihm rührt auch ihr Name her, während man sie bis dahin meist als Anaklastik bezeichnete. Wichtige Fortschritte machte die Dioptrik mit der Entdeckung des wahren Brechungsgesetzes durch Snellius und der Bekanntmachung desselben von Cartesius. Huygens wandte die erlangten Kenntnisse auf die Untersuchung des Ganges der Lichtstrahlen durch Linsen an und gab zuerst eine befriedigende Theorie des Fernrohrs. Sein grosser Zeitgenosse Newton entdeckte die ungleiche Brechbarkeit der farbigen Lichtstrahlen und regte damit eine unübersehbare Reihe weiterer Untersuchungen und Experimente an, von denen als eines der wichtigsten Resultate die Construction achromatischer Fernrohre (zuerst von Dollond) genannt werden muss. Durch die unerwarteten Entdeckungen, welche sich an die ersten Beobachtungen der doppelten Brechung und später der Polarisation anknüpften, hat die Dioptrik heute eine sehr grosse Ausdehnung erlangt und ist einer der schwierigsten (aber auch interessantesten) Theile der Wissenschaft geworden, zu dessen vollständiger Beherrschung ein eingehendes

Studium und bedeutende Kenntnisse der höheren Mathematik erforderlich sind.

Dipsector heisst ein 1817 von Wellaston zuerst beschriebenes Instrument, um die Neigung des Meerhorizonts zu messen. Der Name kommt her von dem englischen Dip (Tiefe des Horizonts) und Sector, ein Winkelmess-Instrument, das nur wenige Grade umfasst. Figur 15 stellt den Dipsector dar, so wie ihn der Beobachter an dem

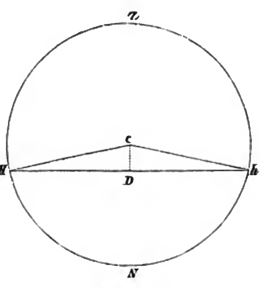


Figur 15.

Hauptgriff R vor sich hält. Horner beschreibt ihn und seine Anwendung wie folgt. In A und B sind senkrecht zur Ebene des Instruments zwei Spiegel, welche einen rechten Winkel mit einander bilden; A ist fest und nur an der untern Hälfte belegt, oben aber durchsichtig; B ist um ein Centrum drehbar, ganz belegt und trägt die Alhidade BL, welche auf dem Gradbogen OP den Winkel angiebt. FTG ist ein Fernrohr, parallel mit der Ebene des Sectors an dem Träger T befestigt. Bei G tritt aus demselben senkrecht zur Ebene des Dipsectors die Ocularröhre heraus und der Beobachter sieht durch dieselbe die von A kommenden Strahlen, nachdem diese von einem unter G befindlichen, 45° gegen die Axe des Fernrohrs geneigten Spiegel in die Ocularröhre reflectirt worden sind. Der Träger T kann beliebig gehoben oder gesenkt werden, um je nach Erforderniss mehr Strahlen vom belegten oder vom unbelegten Theile des Spiegels in's Auge gelangen zu lassen. Die Handgriffe Q und R dienen dazu, um das Instrument in aufrechter wie umgekehrter Stellung benützen zu können.

Nehmen wir nun an, der Seefahrer beabsichtige die Neigung (Depression) des südlichen Horizonts auf seinem Schiffe zu untersuchen,

so stellt er sich mit dem Gesichte nach Osten und hält den Dipsector am Handgriffe R gerade vor sich. In das Ocular bei G hineinsehend, erblickt er durch den unbelegten Theil des Spiegels A den Horizont H im Norden (Fig. 16), sodann bewegt er die Alhidade L so lange gegen P hin, bis er den südlichen Horizont h, dessen Bild von B nach A geworfen wird, mit dem Erstern in Berührung bringt. Er misst auf diese Weise den Bogen HZh und das Instrument zeigt ihm den Ueberschuss dieses Winkels über 180°. In unveränderter Stellung des Körpers kehrt er nun den Dipsector in verticaler Richtung um und ergreift die Handhabe Q. Im Ocular G wird er alsdann durch den unbelegten Theil A den südlichen Horizont h direct wahrnehmen, muss aber, um das Bild des nördlichen Horizonts H mit diesem in Berührung zu bringen, die Alhidade nach O hinbewegen, wodurch er den Bogen HNh oder den Defect von 180° erhält. Der halbe Abstand beider von einander ergiebt nun (frei vom Indexfehler des Instruments) die Summe der Depressionen des südlichen und nördlichen Horizonts; ihre Hälfte wird für die gesuchte Erniedrigung des südlichen Horizonts in Beziehung auf die Höhe CD des Beobachters über dem Meere, und die Wirkung der Refraction angenommen.



Figur 16.

Dixon, Jeremias, beobachtete mit Mason 1761 am Cap der guten Hoffnung den Venusdurchgang, wurde dann von der englischen Regierung nach Nordamerika gesandt, um die Grenzen zwischen Maryland und Virginien zu reguliren, dort führte er mit Mason in Pennsylvanien eine Gradmessung aus, bei welcher die Entfernungen unmittelbar gemessen wurden. Er starb 1777 zu Durham in England.

Döllen, Johann Heinrich Wilhelm, Astronom, geb. am 25. April 1820 zu Mitau, wurde Observator an der Sternvarte zu Dorpat und hierauf an jener zu Pulkowa.

Dollond, John, berühmter Optiker, Sohn eines nach England geflüchteten französischen Protestanten, geb. am 10. Juni 1706 zu Spitalfields, gest. am 30. November 1761 zu London, war anfangs Seidenweber, beschäftigte sich aber nebenbei mit optischen Arbeiten, wobei es ihm gelang, praktisch, durch blosse Versuche ein achromatisches Fernrohr zu construiren. Er wandte sich nun ganz der Optik zu und nach seinem Tode setzten sein Sohn Peter (geb. 1730, gest. 1820) und sein Neffe George (geb. 1774, gest. 1852) das von ihm begründete Geschäft fort.

Dollond'sche Fernrohre werden die von John Dollond (zuerst)

verfertigten achromatischen Fernrohre genannt. Früher brauchte man diesen Ausdruck im allgemeinen für achromatische Fernrohre.

Doppelmayr, Johann Gabriel, geb. 1671 zu Nürnberg, gest. am 1. December 1750 ebenda, machte sich durch verschiedene astronomische und physikalische Schriften, besonders aber durch seinen 1742 erschienenen Atlas coelestis bekannt.

Doppelsterne nennt man diejenigen Sternpaare, welche scheinbar so nahe beisammen stehen, dass sie nur mittels Fernrohren als getrennte Sterne unterschieden werden können. Die Kenntnis der Doppel- (und mehrfachen) Sterne beginnt daher erst nach Erfindung der Ferngläser und in der That erwähnt schon Galilei derselben als tauglich, um durch sie zur Kenntniss der Fixsternparallaxen zu gelangen. Einen ähnlichen Vorschlag machte 1675 Gregory. Beide gingen dabei von der Ansicht aus, dass die Doppelsterne nur scheinbar, gewissermassen zufällig für unsern Anblick so nahe zusammenständen, während sie in Wirklichkeit weit hintereinander befindlich seien. Andere Ansichten vertraten 90 Jahre später Lambert und Michell, indem sie die Vermuthung aussprachen, dass die vielen äusserst nahe bei einander stehenden Fixsterne vielleicht eigene Systeme bilden möchten und 1778 sprach Christian Mayer, Astronom der Mannheimer Sternwarte, bereits von Fixsternsatelliten. Da er aber diese Benennung, sogar auf Sterne von 2^0 bis 3^0, also 4—6 Monddurchmesser, Abstand von einander, ausdehnte, so erregten seine Behauptungen allenthalben Zweifel und vielfach Spott. Uebrigens waren bis dahin nur sehr wenige Doppelsterne wirklich beobachtet worden; mit Ausnahme von Mayer hatte man diesem Gestirne nur gelegentlich einige Aufmerksamkeit zugewandt. So blieb es William Herschel vorbehalten die reiche Welt der Doppel- (und mehrfachen) Sterne zuerst den erstaunten Blicken der Menschen zu eröffnen und im Verfolge seiner astronomischen Thätigkeit nachzuweisen, dass bei vielen Doppelsternen in der That Bewegungen um einander vorkommen, die beweisen, dass jene Sterne physisch zu Systemen verbunden sind. Das erste Verzeichniss Herschel's, 846 Doppelsterne umfassend, deren gegenseitiger Abstand geringer als 30″ ist, erschien 1782. Diesem folgten von Zeit zu Zeit neue ergänzende Verzeichnisse. Das letzte derselben, die Oerter von 145 neuen Doppelsternen enthaltend, erschien fast unmittelbar zur Zeit des Todes des grossen Astronomen. Bis dahin fand sich Niemand, der auf dem von Herschel gebahnten neuen Wege ebenfalls arbeitete, indem den meisten damaligen Astronomen keine Fernrohre zu Gebote standen, welche bei Untersuchungen der in Rede stehenden Art einige Hoffnung auf bedeutenden Erfolg erweckten. Erst später, nachdem Fraunhofer eine neue Aera in der Optik begründet hatte, nachdem er 1824 den Dorpater Refractor abgeliefert und achromatische Fernrohre von 6 bis 9 Zoll Objectivdurchmesser auf den Sternwarten keine allzugrosse Seltenheit mehr waren, begann für die Beobachtung von Doppelsternen eine neue Zeit. Der Dorpater Refractor zeigte sich in Struve's Hand selbst dem berühmten zwanzigfüssigen Telescope Herschel's überlegen, er löste alle Herschel'schen Doppelsterne in ihre beiden

Componenten auf und zeigte ausserdem viele Sterne doppelt, die Herschel als solche nicht hatte erkennen können.

Wilhelm Herschel, John Herschel, dessen Sohn, und Fr. Wilh. Struve sind es hauptsächlich, wenn auch nicht ausschliesslich, welchen wir unsere gegenwärtige Kenntniss von den Doppelsternen verdanken; ausser ihnen haben James South, Bessel, Argelander, Encke, Otto Struve, Mitchel, Mädler, Dembowski u. A. mehr oder weniger wichtige Beiträge geliefert.

Die Anzahl sämmtlicher bis jetzt bekannter Doppelsterne beträgt in runder Zahl etwa 6000, von denen weitaus die Mehrzahl, theils durch ihre kreisende Bewegung um einander, theils durch ihr gemeinsames Fortschreiten im Raume sich als physisch mit einander verbunden erwiesen haben. Mehrere der Doppelsterne haben seit ihrer ersten Entdeckung schon einen ganzen Umlauf vollbracht, bei andern hat man aus dem beobachteten Bahnstücke die Umlaufszeit mit beträchtlicher Genauigkeit berechnen können und bei vielen andern wird dies bis zum Schlusse des gegenwärtigen Jahrhunderts der Fall sein.

Beiläufig bemerkt ist die Anzahl der mehrfachen Sterne weit geringer, als diejenige der Doppelsterne. Unter 2640 Sternpaaren, die Struve untersuchte, fanden sich 64 dreifache, 3 vierfache und 1 siebenfacher Stern.

Die Doppel- (und mehrfachen) Sterne zeichnen sich durch das Vorkommen contrastirender Farben merkwürdig aus. Unter 600 Doppelsternen fand Struve, dass 375 Sternpaare von der nämlichen und gleichintensiven Farbe beider Theile waren, bei 101 Sternpaaren war in beiden Componenten ein Intensitätsunterschied der gleichnamigen Farbe zu erkennen. Verschiedenartige Farben besassen 120 Sternpaare, wobei besonders die Zusammensetzungen von Gelb und Blau, Rothgelb und Grün vorherrschten. Diese Farbenverschiedenheit ist keine bloss scheinbare oder subjective; man bemerkt die betreffende Farbe nicht weniger intensiv, wenn einer der beiden Sterne künstlich im Gesichtsfelde des Fernrohres verdeckt wird. Im Allgemeinen zeigt sich der Hauptstern (der hellste Stern) eines Doppelsternpaares weiss, oder seine Farbe nähert sich dem rothen Extrem (dem der weniger brechbaren Strahlen), während der Begleiter (der lichtschwächere Stern) sich in seiner Farbe dem violetten Extrem (der Grenze der am meisten brechbaren Strahlen) nähert. Die weisse Farbe findet sich bei den Doppelsternen etwa 2 bis 3 mal häufiger als die rothe, und diese wieder doppelt so häufig als die blaue. Bei einigen Doppelsternen scheint es, als wenn die Farbe sich seit den Beobachtungen des älteren Herschel verändert habe; Sicheres hierüber muss die Zukunft lehren. Die Auffassung einer bestimmten Farbennüançe ist unter Anwendung der grossen Fernrohre der Gegenwart, selbst noch bei Sternen 9. Grösse möglich.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Doppelsterne, weil ihre Bewegung um den gemeinsamen Schwerpunkt der beiden verbundenen Massen mit Evidenz beweist, dass das Newton'sche Gesetz der allgemeinen Anziehung auch in den tiefsten Tiefen des Weltraumes herrscht, dass wir es daher als ein für den ganzen Weltraum gültiges Princip

zu betrachten haben. Aus der Art und Weise der Bewegung eines Weltkörpers lässt sich nämlich, wie die höhere Mathematik zeigt, auf die Kraft schliessen, welche diesen Weltkörper in seiner Bahn erhellt. Diese Rechnung ist für gewisse Doppelsterne angestellt worden und sie hat ergeben, dass die Kraft, welcher sie bei ihrer Bahnbewegung gehorchen, eine anziehende ist, die sich bezüglich ihrer Intensität umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung verhält.

Die nachstehende Tafel enthält von den Bahnelementen der bisjetzt berechneten Doppelsterne die Umlaufszeit, die mittlere scheinbare Entfernung (in Bogensecunden) und die Excentricität.

Name des Sternpaares.	Umlaufszeit.	Excentricität.	Mittlerer Abstand.
ξ im grossen Bären	$63\frac{1}{7}$ Jahre	0,3929	2,454 Bogensecund.
Σ in der Cassiopeja	$112\frac{3}{5}$ „	0,5009	1,310 „
Castor	520 „	0,2190	5,690 „
Sirius	$49\frac{2}{5}$ „	0,6148	2,331 „
η in der n. Krone	$66\frac{1}{4}$ „	0,4695	1,111 „
ζ im Krebs	$59\frac{6}{10}$ „	0,3662	0,934 „
τ im Ophiuchus	87 „	0,0370	0,818 „
λ „ „	89 „	0,4530	0,842 „
p „ „	$92\frac{1}{3}$ „	0,4445	4,966 „
ξ in der Waage	105 „	—	1,29 „
ζ im Herkules	$36\frac{2}{5}$ „	0,4482	1,254 „
γ in der Jungfrau	$153\frac{4}{5}$ „	0,8699	3,446 „
δ im Schwan	$280\frac{6}{10}$ „	0,8470	3,165 „
α Centauri	$78\frac{1}{2}$ „	0,7187	12,128 „

Von einigen dieser Sterne kennt man die beiläufige Entfernung und ist daher im Stande ihre Masse im Verhältniss zur Sonnenmasse anzugeben. So hat man gefunden, dass für p Ophiuchi die Gesammtmasse des Systems $3\frac{1}{10}$ Sonnenmassen gleich ist, für Sirius hat Auwers berechnet, dass die Masse des Hauptsternes $13\frac{76}{100}$ und diejenige des Begleiters $6\frac{71}{100}$ Sonnenmassen ist.

Unter der grossen Masse der Doppelsterne hebe ich folgende als die interessantesten heraus:

η Cassiopeja, Hauptstern 4. Grösse, gelb, Begleiter 7. Grösse, purpurroth, beide gewiss physisch verbunden, da ihre Bewegung um eineinander unzweifelhaft, wenn auch zu einer Bahnbestimmung noch nicht hinreichend ist.

ψ Cassiopeja, ein dreifacher Stern. Herschel sah bloss den hellern Begleiter in 32″ Distanz; Struve entdeckte später den schwächern, der nur 3″ von dem Hauptstern entfernt steht.

γ Andromeda, früher als Doppelstern beschrieben, von Struve aber als dreifach nachgewiesen. Der Hauptstern ist goldgelb, der entferntere Begleiter dunkelblau.

η Perseus, der Hauptstern 4. Gr., gelb, der Begl. 8.—9. Gr., blau, eine merkliche Bewegung scheint nicht stattzufinden.

θ Orion, ein vierfacher Stern, vielleicht noch mehrfach. Von den

4 hellsten Sternen, welche das sogenannte Trapez bilden, sind α, β, γ etwa 6. Gr., δ aber 8.—9. Gr. Diese Sterne befinden sich mitten in dem grossen Orionnebel auf einem dunkleren Raume, Aenderungen in ihren Stellungsverhältnissen gegen einander sind seit Wilhelm Herschel nicht wahrgenommen worden. Huygens sah die 3 hellsten Sterne des Trapezes zuerst 1656; den vierten, δ, bemerkte zuerst Dominicus Cassini in Bologna. Herschel der Aeltere sah nie mehr als 4 Sterne im Trapez; den 5., zwischen γ und δ stehend, entdeckte 1826 Struve, er ist von der 12. Grösse; John Herschel und South sahen 1832 den 6. von der 13. Grösse, de Vico drei andere, deren schwächster zwischen β und δ steht.

α Zwillinge, Castor. Der Hauptstern 3., der Begl. 4. Grösse und beide grünlich. Im Jahre 1779 betrug nach Herschel der scheinbare Abstand $5^3/_{10}$ Secunden; Struve fand denselben 1819 gleich $5^1/_2$ Sec., John Herschel 1823 $5^1/_{10}$ Sec. Die scheinbare Bahn ist sonach kreisförmig, doch ergeben die Beobachtungen der Positionswinkel, dass die wahre Bahn nicht kreisförmig, sondern elliptisch ist.

ζ Krebs, ein dreifaches System, der Hauptstern 5., der nähere Begl. 6. Gr. und beide gelb; der entfernte Begleiter 5.—6. und gelblich. Beide Begleiter zeigen in den bisherigen Beobachtungen eine merkliche Bewegung. Die Bahn des nähern, welche bereits berechnet worden, ist oben mitgetheilt. Der entferntere Begleiter scheint in einer kreisförmigen Bahn umherzugehen, wenigstens deuten dies die Beobachtungen seit Herschel an. Seine Umlaufszeit dürfte nur wenig unter 1000 Jahren betragen.

ω gr. Löwe, beide Sterne sind röthlich. Der Abstand hat seit Herschel's Zeiten fortwährend abgenommen, sodass 1842 selbst der Dorpater Refractor beide Sterne nicht mehr zu trennen vermochte. Die Umlaufszeit scheint nach den bisherigen Beobachtungen etwa 133 Jahre zu betragen.

γ gr. Löwe, ein schöner Doppelstern, der Hauptstern 2. Gr. und glänzend goldgelb, der Begleiter 3.—4. Gr. und röthlichgrün. Die Aenderung im Positionswinkel zeigt, dass beide Sterne physich mit einander verbunden sind.

ξ gr. Bär. Der Hauptstern 4. Gr., der Begl. 5. Gr. und beide weiss. Gegen Ende 1781 beobachtete Herschel dieses Sternpaar und fand den Begleiter in 4″ Abstand; als er das Sternpaar 1803 abermals beobachtete, hatte sich der Positionswinkel um $48^3/_4{}^0$ verändert. Herschel schloss hieraus auf eine kreisende Bewegung des kleinern Sternes um den grössern. Der Begleitstern erreichte, der Berechnung gemäss, sein Perihel anfangs Februar 1817.

ρ Bootes, beide Sterne 4. Grösse und weiss. Der nachfolgende von

beiden Sternen zeigt eine geringe Lichtveränderung, über deren Periodicität man noch nichts Genaueres weiss.

η nördl. Krone. Der Hauptstern 5. Gr., der Begl. 5.—6. Gr., beide gelb. Seit Herschel's Beobachtungen hat der Begleiter bereits mehr als $1^1/_2$ Umlauf gemacht, wodurch die Bahnbestimmung eine verhältnissmässig sehr sichere ist. Die Umlaufszeit ist beträchtlich kürzer als diejenige des Planeten Uranus in unserm Sonnensysteme. Wegen der grossen Nähe beider Sterne erfordert die Beobachtung derselben ein sehr kraftvolles Instrument.

γ nördl. Krone; der Hauptstern 4. Gr., grünlich weiss, der Begleiter 7. Gr. und purpurroth. Struve beobachtete diesen Doppelstern zuerst im Jahre 1826. Seitdem bewegte sich der Begleiter (scheinbar) in gerader Linie auf den Hauptstern zu, 1832 erfolgte die Berührung, 1835 die centrale Bedeckung und 1842 ward der Begleiter auf der andern Seite des Hauptsterns wieder sichtbar.

ξ Wage; ein dreifaches System, die beiden grösseren Sterne 5. Grösse und gelblich, der entferntere Begleiter 7. Grösse und bläulich. Die oben mitgetheilte Bahnbestimmung bezieht sich auf die beiden helleren Sterne, die seit Herschel's Beobachtungen mehr als einen halben Umlauf gemacht haben. Der entfernte Begleiter bewegt sich in entgegengesetztem Sinne und seine Winkelgeschwindigkeit ist sehr gering.

κ Herkules; der Hauptstern 5. Gr., der Begl. 6. Gr. und beide gelblich. Obgleich dieser Doppelstern schon 1703 von Flamsteed beobachtet wurde, so lässt sich doch wegen der Unsicherheit der älteren Angaben keine Bahn ableiten.

σ n. Krone, der Hauptstern 5. Gr. und gelblich, der Begl. 6. Gr. und bläulich. Herschel beobachtete diesen Doppelstern 1782 und fand, dass beide Sterne $1^1/_4$ Durchmesser der Scheibe des kleinern Sterns von einander abstanden, wenn er eine 227fache Vergrösserung anwandte. Die Bahnbestimmung ist noch ziemlich unsicher.

ζ im Herkules; der Hauptstern 3. Gr. und gelblich, der Begl. 6. bis 7. Gr. und röthlich. Von diesem Sterne sagte Herschel 1782: „Schöne, aus zwei sehr ungleichen Sternen zusammengesetzte Gruppe. Der hellere ist weiss der andere erscheint aschgrau. Bei einer 460fachen Vergrösserung ist der Abstand zwischen den Rändern der beiden Scheiben geringer als der Durchmesser der kleinern Scheibe." Im Jahre 1802 gelang es Herschel nicht mehr beide Sterne zu trennen. Noch in den Jahren 1821—1823 war es unmöglich den Begleiter wahrzunehmen, selbst bei 600facher Vergrösserung. Erst das Jahr 1826 und der schärfer begrenzende Dorpater Refractor zeigte den Begleiter auf's Neue; aber in den folgenden Jahren verschwand er wieder selbst für dieses Instrument und erst 1832 beobachtete ihn

Struve wieder bei 800facher Vergrösserung. Die scheinbare Distanz beider Sterne betrug $^4/_5$ Secunde.

τ Ophiuchus, ein schwierig zu beobachtender Doppelstern. Der Hauptstern 5., der Begl. 6. Gr. und beide gelblich. Als Herschel die Sterne beobachtete, schienen sie sich zu berühren und ihre Bewegung führte später zu einer vollständigen Bedeckung. Erst 1835 wurde der Begleiter wieder sichtbar.

λ Ophiuchus, der Hauptstern 4. Gr. und gelblich, der Begl. 6. Gr. und bläulich, ein schwieriger Doppelstern.

p Ophiuchus, der Hauptstern 4. Gr. und gelb, der Begl. 6. Gr. und purpurroth. Seit den ersten Beobachtungen hat beinahe ein ganzer Umlauf des Begleiters stattgefunden.

ε Leyer. Ein doppelter Doppelstern, indem zwei Doppelsterne (ε und 5 Leyer) in 3′ 27″ Abstand von einander im Gesichtsfelde des Fernrohres sichtbar werden. Beide Systeme scheinen in Folge ihrer gleichen Fortbewegung physisch mit einander zu einem Systeme höherer Ordnung verbunden zu sein.

δ Schwan; der Hauptstern 3. Gr. und grünlich, der Begleiter 7. Gr. und aschfarben. Herschel beobachtete diesen Doppelstern zuerst im Jahre 1783, aber erst Struve gelang es 1826 den Begleiter wiederzusehen.

ε Füllen, der Hauptstern 5.—6. Gr., gelblich, der Begleiter 7. Gr. und grauweiss. Struve hat den Hauptstern als doppelt erkannt und zwar beträgt die Distanz beider Componenten nur $^2/_5$ Secunde.

61 Schwan, der Hauptstern 5. Gr., der Begl. 6. Gr. und beide goldgelb. Die Beobachtungen umfassen bereits einen Zeitraum von fast 100 Jahren, doch liegt eine Bahnbestimmung noch nicht vor. Bessel und Struve haben die Entfernung dieses Doppelsterns von unserer Erde gemessen.

ζ Wassermann, beide Sterne 4. Grösse und weiss mit grünlichem Schimmer. Seit Herschel's Beobachtungen hat die Distanz abgenommen, während gleichzeitig der Begleiter in retrograder Bewegung einen Bogen von 26° um den Centralstern beschrieb. Die physische Verbindung ist daher ausser Zweifel.

α gr. Hund, Sirius, einer der merkwürdigsten Doppelsterne deshalb, weil die Bewegung des Hauptsternes, also des Sirius, um den gemeinsamen Schwerpunkt wahrgenommen und ihrer Zeitdauer nach berechnet worden ist, ehe man den Begleiter selbst noch je gesehen hatte. Im Jahre 1845 unternahm Bessel eine ausgedehnte Untersuchung über die Eigenbewegung der Sterne Sirius im grossen und Procyon im kleinen Hunde; er gelangte hierbei zu dem Ergebnisse, dass sich diese Bewegungen so darstellen, wie wenn beide Sterne sich um gewisse, ihnen nahe liegende dunkle Massen bewegten. Trotz der grossen Autorität Bessel's wurde diese Behauptung indess lange Zeit als sehr wenig begründet angesehen, um so mehr, als 1847 Fuss in Pulkowa die ganze Untersuchung nochmals aufnahm

und zu dem Resultate gelangte, dass sich die von Bessel behaupteten Anomalien in der Bewegung der beiden genannten Sterne sehr wohl durch ein geradlinigtes Fortrücken derselben darstellen lasse. Im Jahre 1856 griff Peters in Altona die Bessel'schen Rechnungen auf's Neue auf, auch Schubert beschäftigte sich um diese Zeit mit derselben Frage. Beide gelangten, in Uebereinstimmung mit Bessel, zu dem Resultate, dass eine Bewegung des Sirius um einen wenige Secunden entfernten Punkt stattfinde und dass die Umlaufsdauer etwa 50 Jahre betrage. Die Unterschiede in der Position des Sirius betrugen zwischen Beobachtung und Rechnung in den Jahren 1844—1848 nahe $^1/_3$ Secunde; unter Annahme der von Peters nachgewiesenen Bewegung verminderten sie sich dagegen auf $^1/_{30}$ Secunde. Endlich gelang es im Jahre 1862 Clark mittels des grossen Refractors der Sternwarte zu Cambridge, in Nordamerika den fraglichen Begleiter des Sirius direct zu sehen. Diese Entdeckung bestätigte sich auf den mit genügend starken Instrumenten versehenen Sternwarten Europa's vollkommen. Die Distanz des kleinen Begleiters fand sich zu 10″ und der Positionswinkel, in welchem er zu dem Hauptsterne stand, harmonirte vollkommen mit den Rechnungen von Peters. Jetzt unternahm Auwers eine neue Bahnbestimmung, gestützt auf sämmtliche vorhandene Beobachtungen, deren Resultat oben bereits mitgetheilt wurde. Aus derselben ergiebt sich, dass Sirius nur doppelt so viel Masse als sein Begleiter besitzt, während dieser vielleicht 10,000mal schwächer leuchtet als der Hauptstern. Eine Erklärung für dieses merkwürdige Verhältniss ist zur Zeit noch nicht zu geben. Dass der Begleiter nicht in eignem, sondern bloss erborgtem Lichte glänzt, ist nicht sehr wahrscheinlich, aber auch nicht absolut zu verwerfen, obgleich man im allgemeinen annehmen muss, dass alle Fixsterne, die wir sehen, nur mit eignem Lichte leuchten.

α im Centauren, ein bei uns nicht sichtbarer Doppelstern des südlichen Himmels. Wir kennen näherungsweise seine Entfernung (4 Billionen Meilen) von der Erde und daraus ergiebt sich bei der Umlaufszeit des Begleiters, dass die Masse dieses Doppelsterns nur etwa die Hälfte der Sonnenmasse beträgt.

Die Doppelsterne werden mit Vortheil zur Prüfung der optischen Kraft der Telescope verwandt, indem offenbar ein Fernrohr um so besser ist, je mehr und je näher beisammen stehende Doppelsterne es getrennt zeigt. In dieser Beziehung können für gewöhnliche Fernrohre von 3 Fuss Brennweite Castor und der Polarstern, für Fernrohre mittleren Ranges γ in der Jungfrau, β im Orion und γ in der nördl. Krone, für grosse Instrumente Sirius, ε im Füllen und γ in der Andromeda als Probeobjecte benutzt werden.

Doppler, Christian, Physiker, geb. am 29. November 1803 zu Salzburg, gest am 17. März 1853 zu Venedig, wurde nach verschie-

denen früheren Stellungen 1851 Professor der Physik an der Universität zu Wien und Mitglied der dortigen Akademie der Wissenschaften. In der Astronomie machte seine Erklärung des farbigen Lichtes der Doppelsterne, die im Princip richtig, von ihm zu sehr verallgemeinert wurde, viel Aufsehen, ist aber gegenwärtig längst vergessen.

Drachenmonat wird der Zeitraum genannt, den der Mond gebraucht, um von seinem aufsteigenden Knoten (s. d.) wieder zu demselben zu gelangen. Seine Dauer beträgt 27 Tage 5 St. 5,6 Min.

Dumouchel, geb. 1773 zu Monfort-Lamaury, gest. am 15. Januar 1840 zu Rom, trat in den Orden der Jesuiten und ward Director der Sternwarte zu Rom, woselbst er einige Kometen und das Saturnsystem untersuchte.

Dunlop, James, Director der Sternwarte zu Paramatta in Australien, machte sich um die Untersuchung des südlichen Himmels verdient und starb 1848 zu Paramatta.

Dunstkreis, s. Atmosphäre.

Durchgang durch den Meridian, s. Culmination.

Durchgang durch die Sonnenscheibe nennt man den Vorübergang eines der beiden untern Planeten vor der Sonnenscheibe. Da diese Planeten uns dann ihre Nachtseite zuwenden, so erscheinen sie natürlich von der Erde aus gesehen als kleine pechschwarze Scheiben, die indess nur mittels Fernrohren wahrgenommen werden können. Durchgänge der beiden unteren Planeten können nur dann stattfinden, wenn sich diese in der Nähe ihrer Knoten, d. h. der Durchschnittspunkte ihrer Bahnen mit der Sonnenbahn befinden und gleichzeitig in der von der Erde nach der Sonne gezogenen Linie stehen. Da die Bahnen der beiden unteren Planeten nicht unerheblich gegen die Sonnenbahn geneigt sind und gleichzeitig der Durchmesser der Sonne von der Erde aus gesehen nur etwa ½ Grad beträgt, so ist klar, dass jene beiden Planeten sich in ziemlich grosser Nähe bei einem ihrer Knoten befinden müssen, wenn sie, von der Erde aus gesehen, sich noch auf der Sonnenscheibe projiciren sollen. Die Rechnung ergiebt, dass Merkur nicht weiter als 3° 28′, Venus bloss 1° 49′ von einem der Knoten entfernt sein darf, um noch die Erscheinung eines Durchganges für die Erde darzubieten. Ist die Entfernung grösser als diese äusserste Grenze, so geht der Planet über oder unter der Sonnenscheibe vorbei, projicirt sich für den Anblick von der Erde aus aber nicht auf ihr.

Sehen wir nun zu, in welcher Weise die Durchgänge periodisch wiederkehren. Der Planet Venus kommt nach je 583 Tagen 22 St. wieder mit der Sonne in Conjunction. In dieser Zeit hat die Erde aber einen ganzen Umlauf vollbracht und ist noch darüber 215° 32′ im Raume weitergerückt, aber nach 5 Conjunctionen der Venus ist die Erde sehr nahe wieder an derjenigen Stelle ihrer Bahn, an welcher sie sich bei der ersten Conjunction befand. Wenn also bei der ersten Conjunction beispielsweise die Erde etwas über die Knotenlinie der Venus hinaus war, aber noch ein Durchgang erfolgte, so tritt die sechste Conjunction wieder nahe bei dem Knoten ein, und zwar etwas vor der Ankunft der Erde in der Knotenlinie, sodass z. B. ein Vor-

übergang der Venus, während die Erde 1 Grad über die Knotenlinie herausgerückt war, nach 8 Jahren einen zweiten Vorübergang, wobei die Erde noch 1° 20′ vor dem Knoten ist, zur Folge hat. Aber da nun der Ort der Conjunction bei den nächsten 5 Conjunctionen wiederum um 2° 20′ zurückweicht, so befindet sich alsdann die Venus schon weit ausserhalb der Grenze eines Vorüberganges. Wir können nun weiter so rechnen: Wenn die Erde bei dem ersten Vorübergange 1° über die Knotenlinie hinausgerückt war, so ist sie bei der zweiten um 216½° über denselben Knoten oder 36½° über den entgegengesetzten hinausgerückt. Weil der Ort der Conjunctionen bei jeder 5. Conjunction um 2° 20′ zurückrückt, so ist die Erde bei der 7. noch 34° 10′, bei der 12. noch 31° 50′ u. s. w. vom Knoten entfernt, woraus sich leicht übersehen lässt, dass sie bei der 72. Conjunction noch etwas über 3°, bei der 77. noch etwa 1° vom Knoten entfernt, bei der 82. aber circa 1½° über den Knoten hinaus ist. Die drei letztgenannten Conjunctionen treffen daher wieder sehr nahe an die Grenze, wo ein Vorübergang stattfindet. Man sieht aus dem Vorstehenden unmittelbar, dass 2 Durchgänge nahe hinter einander erfolgen können und dann ein langer Zwischenraum stattfindet. Berechnet man die hier stattfindenden Verhältnisse genau, so ergiebt sich, dass für den Planeten Venus die Durchgänge in eine grosse Periode von 243 Jahren eingeschlossen sind, die vier kleinere Perioden von 105½, 8, 121½ und abermals 8 Jahren enthält.

Die bisher beobachteten Venusdurchgänge und die in den nächsten 500 Jahren eintretenden haben stattgefunden und werden stattfinden:

1639	December	4.	2117	December	10.
1761	Juni	5.	2125	„	8.
1769	„	3.	2247	Juni	11.
1874	December	8.	2255	„	8.
1882	„	6.	2360	December	12.
2004	Juni	7.	2368	„	10.
2012	„	5.			

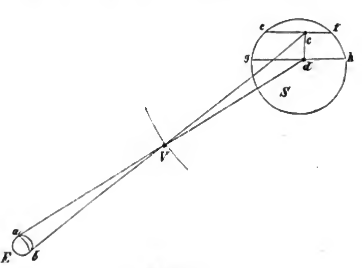
Auf ähnliche Weise, wie soeben für die Venus gezeigt, ergeben sich für den Merkur gewisse Perioden seiner Durchgänge, doch finden letztere häufiger statt als die Venusdurchgänge und die Perioden werden verwickelter. Bis zum Schlusse des gegenwärtigen Jahrtausends werden noch folgende Merkurdurchgänge stattfinden:

1878	Mai	6.	1891	Mai	9.
1881	November	7.	1894	November	10.

Den ersten Merkurdurchgang beobachtete Gassendi am 7. November 1631, den ersten Venusdurchgang Horrax und Crabtre am 4. December 1639.

Von besonderer Wichtigkeit für die Astronomie sind die Venusdurchgänge, und zwar deshalb, weil sie, worauf zuerst Halley aufmerksam machte, ein Mittel an die Hand geben die Entfernung der Erde von der Sonne mit einem hohen Grade von Genauigkeit zu bestimmen. Das Princip dieser Methode ist in Kürze folgendes.

Es sei (Fig. 17) S die Sonne, V die Venus und E die Erde und die Venus projicire sich für den Anblick von der Erde aus auf der Sonnenscheibe. Dann sieht man sie von dem Beobachtungsort a aus auf der Sonne etwa in dem Punkte d, von b aus in c. Von a aus gesehen durchläuft Venus den Bogen gh, von b aus gesehen aber den Bogen ef auf der Sonne. Der senkrechte Abstand beider Linien, oder die Linie cd verhält sich aber, nach den Anfangsgründen der Geometrie, zu ab wie dV zu aV. Nun ist aber ab der Abstand beider Beobachtungsorte, die wir uns um einen ganzen Erddurchmesser von einander entfernt denken können, also ab der Durchmesser der Erde, aV die Entfernung der Venus von der Erde und dV die Entfernung der Venus von der Sonne. Nimmt man die Entfernung der Frde zur Einheit, so ist für die Zeiten der Durchgänge dV ungefähr = 0,72, a = 0,28. Man hat also nach dem Vorhergehenden die Proportion:



Figur 17.

$$cd : ab = 0{,}72 : 0{,}28$$
$$cd = \frac{0{,}72}{0{,}28} \times ab = 2{,}6\, ab.$$

Es erscheint also von der Erde aus gesehen der Abstand cd $2^6/_{10}$mal grösser als ab, d. h. als der Erddurchmesser von der Sonne aus gesehen. Der Abstand cd ergiebt sich aber sehr leicht aus der Grösse der Linien gh und ef, d. h. aus der Grösse der Wege, welche Venus für den Anblick von a und b aus auf der Sonnenscheibe durchlief. Diese Wege aber finden sich wiederum sehr einfach aus der Zeitdauer, welche der Planet gebrauchte, um über die Sonnenscheibe hinwegzugehen.

Auf diesem Wege erhält man den Abstand cd in Bogensecunden ausgedrückt und findet daraus also auch die Grösse ab in Bogensecunden, also mit andern Worten den Winkel, unter welchem einem Auge auf der Sonne der Durchmesser der Erde erscheint. Die Hälfte dieses Winkels nennt man die Sonnenparallaxe. Die lineare Entfernung der Erde von der Sonne ergiebt sich nun leicht, indem man den Durchmesser derselben (1719 Meilen) durch den Sinus dieser Sonnenparallaxe dividirt. Näheres s. Parallaxe.

Die Sonnenparallaxe ist sehr klein, sie beträgt bloss 8,9″; der Vortheil, den die Durchgänge des Planeten Venus gewähren, besteht daher unter übrigens gleichen Umständen darin, dass man dabei ein Vielfaches, nämlich etwa den $2^6/_{10}$fachen Werth der Sonnenparallaxe

erhält. Für die Durchgänge des Planeten Merkur findet dies keineswegs statt, wie man sich leicht überzeugen kann. Nimmt man nämlich wieder die Distanz der Erde von der Sonne zur Einheit, so beträgt für die Zeiten der Durchgänge der Abstand des Merkur von der Sonne 0,39, sein Abstand von der Erde 0,61. Nach der oben angewandten Proportion wird daher

$$cd = \frac{0{,}39}{0{,}61} \times ab = 0{,}64\ ab.$$

Man würde also nur einen Bruchtheil der Parallaxe erhalten und aus diesem Bruchtheile auf das Ganze schliessen müssen, wobei jeder begangene Fehler (und keine Bestimmung ist absolut genau) in dem nämlichen Verhältnisse mit vergrössert würde. Bei der hohen Ausbildung der Photographie, welche es ermöglicht, während der Zeit eines Durchganges eine grosse Menge von Stellungen des Planeten auf der Sonne zu fixiren und daraus ein sehr scharfes Resultat für die Grösse des Bogens, den er auf der Sonne durchläuft, abzuleiten, hat man in neuester Zeit vorgeschlagen auch die Merkurdurchgänge zur Bestimmung der Sonnenparallaxe anzuwenden. Bis jetzt sind erst die zwei letzten Venusdurchgänge 1761 und 1769 zur Parallaxenbestimmung benutzt worden. Besonders zu dem letzten Durchgange hatte sich die astronomische Welt gerüstet. Die Regierungen aller gebildeten Staaten sandten Beobachter an die am vortheilhaftesten belegenen Orte; Cook, Green und Solander gingen nach Otahaiti, Chappe nach Californien, Hell nach Lapland, Planmann nach Finnland u. s. w. Als Resultat aus allen zuverlässigen Beobachtungen ergiebt sich nach Powalky's Rechnungen eine Parallaxe von 8,86", entsprechend einer Entfernung der Erd- und Sonnenmittelpunkte von 20,009,000 geogr. Meilen.

Im Ganzen ist die Genauigkeit der Beobachtungen der Venusdurchgänge weit hinter den Erwartungen zurückgeblieben, welche man im Voraus davon hegte. Der Grund hieran liegt in gewissen unerwarteten Formveränderungen, welche die dunkle Venusscheibe bei der unmittelbaren Berührung mit dem Sonnenrande erlitt. Als sie nämlich ganz in die Sonnenscheibe eingetreten war, trennte sie sich nicht sofort von dem Rande derselben, sondern blieb in länglicher Form gewissermassen daran kleben, bis die Verbindung plötzlich abriss und der Planet sofort mehr oder weniger tief in der Sonne stand. Diese Anomalien, welche den Moment der innern Berührung um mehr als 1 Minute unsicher machen können, sind gewiss nur scheinbare und in dem Baue des Fernrohres und des Auges begründet. Die letzten Merkurdurchgänge haben gezeigt, dass man jene störenden Phänomene wohl vermindern, aber nach dem Zustande unserer heutigen optischen Instrumente noch keineswegs ganz beseitigen kann.

Der nächste Venusdurchgang wird, wie bereits oben mitgetheilt worden, am 8. December 1874 stattfinden. Schon jetzt bereitet man sich von Seiten der Astronomen ernstlich darauf vor, denselben möglichst vortheilhaft zu beobachten. Eine neue Berechnung desselben hat

C. F. W. Peters in Altona unternommen und nach den Laverier-schen Tafeln folgende Elemente für den Erdmittelpunkt dabei zum Grunde gelegt.

Zeit der Conjunction in Rectascension 1874 Dec. 8. $17^h\ 8^m\ 33{,}5^s$ mittl. Pariser Zeit.

Rectascension von Sonne und Venus . .	255°	52′	51,62″
Declination der Sonne	— 22	49	21,95
„ „ Venus	— 22	35	7,37
Horizontalparallaxe der Sonne			9,090
„ „ Venus			33,859
Halbmesser der Sonne		16	14,96
„ „ Venus			31,42
Kürzeste Distanz der Mittelpunkte beider		13	46,66

Aus diesen Elementen folgt für den Erdmittelpunkt:

Eintritt: äussere Berührung	13^h	56^m	$14{,}98^s$	mittl.	Par.	Zeit.
„ innere „	14	25	13,27	„	„	„
Austritt: „ „	18	6	31,24	„	„	„
„ äussere „	18	35	29,84	„	„	„

Als geographische Lage desjenigen Ortes, bei dem der Eintritt bei Sonnenaufgang und der Austritt bei Sonnenuntergang stattfindet, findet Peters 63° 1′ nördl. Br. und $7^h\ 57{,}3^m$ östl. Länge von Paris; dagegen als geographische Lage des Ortes, für welchen der Eintritt bei Sonnenuntergang, der Austritt hingegen bei Sonnenaufgang stattfindet, ergiebt sich 63° 3′ südl. Breite und $19^h\ 37{,}3^m$ östl. Länge von Paris. Für zwei in der Nähe dieser Punkte befindliche Orte, nämlich für die Stadt Olekminskoi in Sibiren, deren nördl. geogr. Breite 60° 22′ beträgt und deren östl. Länge von Paris 117° 15′ ist, sowie für einen Ort in 64° 48′ südl. Breite und 294° 20′ östl. Länge von Paris hat Peters die genauen Momente der Berührung gerechnet und findet für

	Ort 1.			Ort 2.					
Eintritt: äussere Berührung	13^h	52^m	0^s	14^h	1^m	12^s	mittl.	Par.	Zeit.
„ innere „	14	18	41	14	32	57	„	„	„
Austritt: „ „	18	16	48	17	54	35	„	„	„
„ äussere „	18	43	28	18	26	26	„	„	„

Um eine Vorstellung von dem Gange der Erscheinung für die Erde im Ganzen zu geben, habe ich für die verschiedenen geographischen Breiten die zugehörigen Längen (östlich von Ferro) berechnet, unter welchen

1) der Anfang des Durchganges bei Sonnenaufgang,
2) „ „ „ „ „ Sonnenuntergang,
3) das Ende „ „ „ Sonnenaufgang,
4) „ „ „ „ „ Sonnenuntergang

gesehen wird. Diese Rechnnng soll dazu dienen, auf der Karte diejenigen Theile der Erde bezeichnen zu können, an welchen die Erscheinung entweder ganz, theilweise oder gar nicht gesehen wird. In der umstehenden Tabelle bezeichnet die Colonne I die Längengrade, auf denen unter den entsprechenden Breiten der Anfang des Durchganges bei

Sonnenaufgang gesehen wird; in gleicher Weise II die Längengrade, unter denen er bei Sonnenuntergang gesehen wird u. s. w.

Die erste Tafel gilt für den Venusdurchgang im Jahre 1874, die zweite für denjenigen im Jahre 1882, welcher der wichtigste von beiden ist.

Venusdurchgang 1874.

Geogr. Breite.	Geographische Länge östlich von Ferro. I.	II.	III.	IV.
+ 10°	83°	255°	13°	185°
20	90	250	20	180
30	93	245	23	175
40	101	238	31	168
50	109	229	39	159
+ 60	126	212	56	149
− 10	77	258	7	188
20	70	270	2	195
30	65	273	357	203
40	58	280	354	210
50	51	289	350	219
− 60	38	306	328	236

Venusdurchgang 1882.

+ 10	263	73	167	338
20	268	69	173	334
30	273	64	177	329
40	279	57	183	322
50	289	48	193	313
+ 60	305	33	209	281
− 10	255	82	159	347
20	250	87	154	352
30	244	92	148	357
40	239	98	143	3
50	229	108	133	13
− 60	213	158	117	63

Verbindet man die unter I bis IV bezeichneten Punkte der Erdoberfläche durch möglichst anschliessende Curven, so erhält man leicht für jeden der beiden Venusdurchgänge eine Eintheilung der Erdoberfläche in vier Felder. Von diesen sieht der durch die Linien I und IV begrenzte Raum den Verlauf der ganzen Erscheinung von Anfang bis zu Ende. Der Theil der Erdoberfläche zwischen den Linien I und III sieht zwar das Ende, auch ein mehr oder minder grosses Stück des übrigen Verlaufs je nachdem der Beobachtungsort der Linie I mehr oder weniger nahe liegt, aber nicht den Anfang, weil sich um diese Zeit die Sonne noch unter dem Horizonte befindet. Der Theil der Erdoberfläche zwischen II und IV sieht umgekehrt den Anfang, aber nicht das Ende des Durchganges, weil sich zu letzterer Zeit die Sonne bereits für alle Orte innerhalb desselben unter dem Horizonte befindet. Derjenige Theil der Erdoberfläche endlich zwischen den Linien II und III

sieht gar Nichts von der Erscheinung, indem für ihn während der ganzen Dauer des Durchganges die Sonne nicht aufgeht.

Entwirft man sich nach den obigen Angaben auf einer Erdkarte oder einem Globus eine Zeichnung über die Sichtbarkeit der beiden Venusdurchgänge von 1874 und 1882, so findet man, dass die erste Erscheinung ihrem ganzen Verlaufe nach nur in Ostasien, Australien, dem grössten Theil der indischen und der südlichen Hälfte des stillen Oceans sichtbar ist. Ganz Amerika, der grösste Theil von Europa und Westafrika sehen Nichts von dem Durchgange. Umgekehrt ist es mit dem Durchgange von 1882; hier sehen mit Ausnahme eines kleinen Theiles im Westen, ganz Asien und die anschliessenden Meere Nichts von der Erscheinung, während sie ihrem ganzen Verlaufe nach in dem cultivirtesten Theile der Vereinigten Staaten, in ganz Südamerika und dem antcrktischen Eismeere gesehen wird. Westeuropa sieht zwar einen Theil, aber nicht das Ende der Erscheinung.

Durchsichtigkeit nennt man die Eigenschaft der Körper einen gewissen Theil des auf sie fallenden Lichtes hindurchzulassen. Absolut durchsichtige Körper, d. h. solche, welche alles auf sie fallende Licht durchgehen lassen, giebt es ebenso wenig als absolut undurchsichtige, indem alle Körper in genügend dünnen Schichten wenigstens einem sehr geringen Theil Licht den Durchgang verstatten.

Die Ursache der Durchsichtigkeit scheint, wie schon Newton annahm, in der gleichmässigen Dichtigkeit der Körper zu liegen, indem die Undurchsichtigkeit eine Folge der im Innern der Körper stattfindenden Zurückwerfungen des Lichtes da, wo der Strahl zu einem Stoffe von anderer Dichte oder Brechungskraft gelangt, ist.

Der Grad der Durchsichtigkeit ist bei den verschiedenen Körpern, wie bekannt, äusserst verschieden und es ist bei den zu optischen Zwecken dienenden, wie z. B. bei verschiedenen Glassorten, sehr wichtig, diesen Grad zu bestimmen. Leider sind in dieser Beziehung nur erst wenige Versuche angestellt worden. So fand Rumford, dass feines gut polirtes Spiegelglas nur 0,8027 des auffallenden Lichtes hindurchliess und Herschel für die Gläser, wie sie gewöhnlich bei Fernrohren angewendet werden, 0,948.

Bouguer stellte sehr durchsichtige Glastafeln in grösserer Anzahl hintereinander; 16 derselben liessen nur mehr $^1/_{247}$ des Lichtes durch, 74 aber, welche nur $^1/_{116,472,000,000}$ des auffallenden Lichtes durchliessen, zeigten die Sonne blos noch als einen matten Schein. Nach Bouguer's weitern Versuchen lässt eine Schicht Meerwasser von 680 Fuss Dicke gar kein Sonnenlicht mehr durch, erscheint also vollkommen undurchsichtig, doch können diese Angaben nur beiläufige sein, da die Durchsichtigkeit des Meerwassers, welche von der darin aufgelösten Menge von Suspensionen abhängt, örtlich sehr verschieden ist.

Ueber die Durchsichtigkeit der Luft und des Weltraumes s. Absorption.

Dynamik bezeichnet denjenigen Theil der Physik, welcher die Lehre von den Kräften und den durch sie hervorgebrachten Bewegungen umfasst.

Ihre höchste Ausbildung hat die Dynamik durch die Probleme erlangt, deren Lösung die Astronomie von ihr beanspruchte, sie ist dadurch zu einer eigentlichen Mechanik des Himmels geworden, deren Studium eine grosse Menge von Vorkenntnissen der höhern Mathematik voraussetzt.

Ebbe und Fluth bezeichnet das periodische Sinken und Steigen des Meeres. Befindet man sich zur Zeit der Fluth oder des Hochwasserstandes am Meeresufer, so bemerkt man eine gewisse Zeit hindurch keine Aenderung in der Höhe des Wasserstandes. Allmählich aber erreichen die unaufhörlich herankommenden Wellen nicht mehr genau den äussersten Punkt, bis wohin sie vor wenigen Minuten noch gelangten. Der Wasserspiegel sinkt immer mehr und mehr, die Wogen der See ziehen sich ersichtlich von den Ufern zurück und mehr oder weniger bedeutende Strecken des Meeresbodens werden trocken gelegt. Nach und nach hat das Wasser auf diese Weise seinen tiefsten Stand erreicht, die Ebbe ist eingetreten, und hierauf fängt es langsam wieder an zu steigen. Der ganze Vorgang ist in eine Zeit von etwa 12 Stunden eingeschlossen, 6 Stunden lang fällt das Meer und 6 Stunden lang steigt es. Der Wechsel von Fluth und Ebbe kehrt täglich zwei Mal zurück, aber so, dass das Hochwasser an jedem folgenden Tage nahe 50 Minuten später erfolgt als am vorhergehenden. Das ist genau dieselbe Zeitdauer, um welche der Mond jeden Tag später den Meridian (s. d.) erreicht. Die Gesammtzeit zwischen zwei vollständigen Erscheinungen der Fluth und Ebbe ist sonach sehr nahe gleich der Zeit zwischen zwei Durchgängen des Mondes durch den Meridian. Der Zustand des Meeres im Augenblicke des Monddurchgangs durch den Meridian ist indess für verschiedene Küstenpunkte ein verschiedener, an einigen Orten trifft mit ihm die Fluth ein, an andern die Ebbe. Auch ist die Höhe der Fluth für einen und denselben Ort nicht an allen Tagen des Jahres gleich. Die höheren Fluthen und tieferen Ebben fallen mit den Tagen des Neu- und Vollmondes zusammen, sie heissen Springfluthen. Die geringsten Fluthen und die höchsten Ebben fallen mit den Zeiten der Mondviertel nahe zusammen, sie heissen Nippfluthen. Die höchsten Springfluthen treten dann ein, wenn der Neu- oder Vollmond sich in der Erdnähe befindet, die unbedeutendsten Nippfluthen kommen mit der Erdferne der Mondviertel oder Quadraturen überein. Die ganze Erscheinung, wie sie vorstehend geschildert, stellt sich in dieser Regelmässigkeit übrigens nur bei windstillem Wetter dar. Ist die See stürmisch, so gestalten sich die Verhältnisse natürlich sehr verschieden; tiefe Ebben werden dann häufig kaum bemerklich und zur Zeit von Sturmfluthen steigen die Wasser nicht selten mit wildem Strudel bis zur doppelten Normalhöhe. Es wurde bereits oben bemerkt, dass das Phänomen der Gezeiten nicht in allen Meeren gleich ausdrucksvoll auftritt. Streng genommen kommt es nur in den grossen Weltmeeren zu Stande, aber von hier pflanzt es sich in die mit ihnen im directen Zusammenhange stehenden Buchten und secundären Seebecken fort. Diejenigen Meerestheile, welche nur indirect, d. h. vermittels anderer grösserer oder kleinerer Seebecken mit

den Oceanen in Verbindung sind, zeigen daher den Wechsel von Ebbe und Fluth nur in sehr geringem Maasse oder gar nicht. Auch die Tiefe der Meere hat einen bedeutenden Einfluss auf die Mächtigkeit der Erscheinung, nicht minder die Lage und Configuration der Küsten. Man sieht leicht ein, dass die herantobende Fluth an steil ins Meer hervorragenden Felsenküsten ungleich mächtiger auftreten und höher steigen wird, wie an flachen, sandigen Ufern. Der heranstürmende Wasserberg wird nämlich dort plötzlich in seinem Sturze aufgehalten und vermag nicht vorwärts zu dringen, während die dahinter befindlichen Wasser nachdrängen und hierdurch eine bedeutende Anhäufung entstehen muss. So steigt z. B. das Meer zur Zeit der Springfluthen bei S. Malo um 40 bis 50 Fuss bei der Insel Jersey 40 Fuss, bei Brest 20 Fuss. An der Mündung grosser Flüsse findet gleichfalls eine Stauung und Anschwellung der Wasser statt. So soll an dem Ausflusse des gewaltigen Amazonenstromes die Fluth 30 bis 40 Fuss hoch steigen, in wildem Kampfe mit den entgegendrängenden Wassermassen des ungeheuren Süsswasserstromes.

Im Mittelländischen Meere ist die Fluth ziemlich unbedeutend, sie beträgt bei Toulon und Neapel nur ungefähr 1 Fuss im Hafen von Antium, nach Trevelyan's Beobachtungen 14 Zoll. Im Adriatischen Meere ist sie dagegen weit merklicher, besonders wegen der Lage desselben an den nördlichen Endpunkten. Dort steigt die Fluth nach Toaldo zur Zeit des Neu- und Vollmondes auf 3 bis $3^1/_2$ Fuss zur Zeit der Mondviertel auf $1^1/_2$ Fuss. Die Ostsee zeigt nur einen sehr geringen Wechsel von Ebbe und Fluth, sodass derselbe nur durch Jahre lang fortgesetzte Beobachtungen erkannt werden kann. Nach den Untersuchungen von Paschen ist die mittlere Fluthhöhe im Hafen von Wismar nur $3^1/_2$ Zoll. In der Nordsee steigt das Meer zur Zeit der Fluthen bei Helgoland um 6 Fuss, dagegen an den Mündungen der Weser und Elbe ungefähr um den doppelten Betrag. Diese Angaben beziehen sich aber bloss auf einen gewissen mittleren Zustand, indem ja nach der Richtung des herrschenden Windes die Fluth bald mehr bald weniger hoch steigt. An den deutschen Nordseeküsten sind vor allem die Nordweststürme wegen der in ihrem Gefolge eintretenden gewaltigen Fluthen gefürchtet. Die Wirkung jener Winde geht dahin, die Wassermassen der Nordsee gegen die deutsche Nordwestküste zu werfen; wenn sie anhaltend wehen, so verhindern sie das Ablaufen der Wasser zur Zeit der Ebbe, die nachkommende Fluth steigt daher höher und kann zu gewissen Zeiten an gewissen Küstenpunkten bis auf 30 Fuss über den mittleren Stand anschwellen. Das Andenken an solche Sturmfluthen lebt bei den Bewohnern der niederen Marschen jener Gegenden in schreckensvoller Erinnerung. Bei solchen Gelegenheiten werden die schützenden Deiche überschwemmt, oder was noch mehr gefürchtet wird, in Folge der unwiderstehlichen Gewalt der Wogen, durchbrochen. Ist ein solcher Durchbruch eingetreten, so giebt es gegen die Wassermassen des unermesslichen Meeres natürlich nur da Rettung, wo der feste Boden über den Wasserspiegel hinaus ansteigt, was tiefer liegt ist verloren.

Der unheilvolle Fluth-Durchbruch vom 1. November 1170 vernichtete eine grosse Strecke des fruchtbarsten Landes und gab dem nordwestlichen Theile der Zuydersee im Allgemeinen seine heutige Gestalt. Wo vordem blühende Saatenfelder sich erhoben und ein thätiger Volksschlag sein glückliches Dasein genoss, rauscht nun seit mehr als einem Jahrtausend die plätschernde Woge der nie rastenden See.

Oertliche Umstände erklären auch das merkwürdige, anomale Eintreten der Gezeiten, das man an einigen Orten der Erde bemerkt hat. So dauert, wie zuerst Davenport und Knop mitgetheilt haben, an der Küste von Tonkin in Ost-Asien jede Fluth 12 Stunden und jede Ebbe ebenfalls; ferner fällt nach je 14 Tagen die Fluth einmal ganz aus.

Wenn die Fluthwelle in die Mündung eines Stromes eindringt und dieser etwas oberhalb des Ausflusses sein Bett verengt, so entsteht häufig eine gewaltig aufgethürmte Wasserwand, die brausend mit ungeheurer Gewalt und grosser Schnelligkeit vorwärts dringt. Dieses Phänomen hat je nach der Oertlichkeit, wo es auftritt, verschiedene Benennungen. Die Geschwindigkeit der Fluthwellen ist ebenfalls ungemein verschieden; sie ist natürlich dort am grössten, wo die wenigsten Hindernisse zu überwinden sind.

Im Atlantischen Ocean, zwischen dem Aequator und dem 20. Grade nördlicher Breite, legt die Fluthwelle in jeder Stunde 600 Seemeilen zurück.

Im Stillen Ocean unter dem 60. Grade südlicher Breite ist diese Schnelligkeit 450 nautische Meilen pro Stunde. In der Nachbarschaft der Küsten wird die Bewegung merklich langsamer. Zwischen dem südlichsten Punkte Irlands und der Nordspitze von Schottland beträgt die Geschwindigkeit nur 52 Seemeilen. Durchschnittlich sind die breitesten Fluthwellen auch die schnellsten und diese Breite hängt wieder neben der freien Ausdehnung auch von der Meerestiefe ab. Nachdem wir im Vorstehenden bei dem Thatsächlichen der Erscheinung, wie es uns aus der Natur unmittelbar entgegentritt, verweilt haben, gehen wir nunmehr zu den theoretischen Erklärungen über, welche man im Laufe der Jahrhunderte von der Ursache und dem Wesen des ganzen Vorganges gegeben hat.

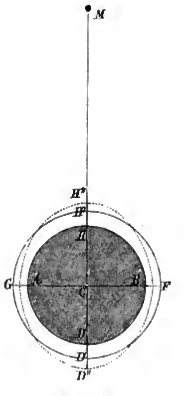
Schon Pytheas soll ausgesprochen haben, dass das Meer bei wachsendem Mond fluthe, bei abnehmendem, also nach dem Vollmonde, ebenfalls abnehme. Klarer über die Erscheinung scheint Plinius gewesen zu sein; nach ihm sind Sonne und Mond die bewegenden Ursachen der Gezeiten, die Gestirne ziehen das Meer an. Posidonius soll die dreifache Periodicität, die tägliche, die monatliche und die jährliche Periode erkannt haben, allein der sehr unterrichtete Strabo stimmte dieser Meinung nicht bei. Wie dem aber auch sein möge, so haben die Forscher des Alterthums sich niemals bis zum Versuche einer rationellen Erklärung der Ebbe und Fluth erhoben. Den ersten Versuch hierzu finden wir beim Vater der Mechanik, dem florentinischen Physiker Galilei. Er glaubte, dass die tägliche und jährliche Bewegung der Erde, die Ursache der Gezeiten sei. Kepler sprach

genau um dieselbe Zeit richtigere Ansichten aus. Nach ihm ist es die anziehende Kraft des Mondes, welche Ebbe und Fluth hervorbringt. Doch scheint die Meinung bei ihm mehr ein Spiel der Phantasie, als das Resultat reiflicher Forschung gewesen zu sein. Denn zehn Jahre später (1619) ging er ganz von dieser Theorie ab und erklärte Ebbe und Fluth aus der Respiration, dem Schlafen und Erwachen der Erde, die er als ein unermessliches animalisches, mit Gedächtniss und Einbildungskraft begabtes Unthier sich vorstellte.

Gegenüber dieser Erklärung nimmt sich diejenige des Cartesius noch sehr wissenschaftlich aus. Die Wirbel, womit dieser grosse Mathematiker leider das ganze Weltall anzufüllen strebte, sollten durch ihren Druck auf das offene Meer die Wasser periodisch gegen die Ufer treiben.

Allen diesen wilden Speculationen machten Newton's Untersuchungen für immer ein Ende. Er hat nachgewiesen, dass ein grosses Gesetz jenes der Anziehung (s. d.) in den Himmelsräumen herrscht und die gegenseitigen Beziehungen der geballten Materie zu einander festsetzt.

Aus den nämlichen Untersuchungen liess sich der Einfluss, den diese Anziehung auf den flüssigen Theil der Erdoberfläche haben musste, ableiten. Newton berechnete zuerst den Einfluss der Sonnen- und Mondanziehung auf die allgemeine Gestaltung der flüssigen Erdoberfläche und wies hieraus die Erscheinungen der Ebbe und Fluth als nothwendig resultirend nach. Nach ihm haben Bernoulli, Maclaurin, Euler und besonders Laplace die Theorie zu einer bewundernswürdigen Vollkommenheit erhoben.



Figur 18.

Es sei ABDH (Figur 18) ein Durchschnitt der kugelförmigen Erde, die wir uns der Einfachheit halber ganz mit Wasser bedeckt denken, sodass DFH'G' den Durchschnitt der Meeresoberfläche vorstellt. Es sei ferner M der Mittelpunkt des Mondes, den wir uns senkrecht über dem Orte H' stehend vorstellen wollen. Da die anziehende Kraft des Mondes, wie überhaupt aller Himmelskörper im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung vom angezogenen Körper schwächer wird, so wird unter allen Punkten der Erdoberfläche H' am stärksten, D' am wenigsten vom Monde angezogen, während die Punkte G und F fast eben so stark als der Mittelpunkt C der Erde angezogen werden. In Folge dessen müssen bei H' die Wasser von allen Seiten zusammenströmen und über das mittlere Niveau steigen. Der Mond wirkt hier, indem er dem Zuge der Schwere entgegenstrebt, genau so als wäre diese vermindert oder die Schwungkraft vermehrt. Das Resultat ist, wie bekannt, ein Entfernen der liquiden Theile vom Erdcentrum, eine An-

schwellung. Allein eine nur um wenig geringere Anschwellung muss auch über D' entstehen. Es ist nämlich die Anziehungskraft auf den Erdmittelpunkt C stärker als auf D. Wenn die Entfernung des Mondes vom Erdcentrum 60 Erdhalbmesser beträgt, so ist die Distanz von C = 61 Erdhalbmesser. Nun verhält sich die Anziehung umgekehrt, wie das Quadrat der Entfernung, sie ist also in der Distanz $C = \frac{a}{60 \times 60'}$ in $D = \frac{a}{61 \times 61'}$ oder hier nur 0,967 der Wirkung in C. Fast in dem nämlichen Verhältnisse steht die Anziehung in C zu jener in H'. Sonach wird also C und gleichzeitig auch das damit fest verbundene D dem Monde genähert als D', der Abstand dieses Punktes vom Erdcentrum vergrössert sich und gleichzeitig nimmt die Anziehung ab. Die benachbarten Wassermassen strömen, um das Gleichgewicht wieder herzustellen, daher auch um D' zusammen und bilden hier ebensowohl eine Fluthwelle D" wie bei H". Man sieht leicht, dass sich während dem über A und B der Wasserstand erniedrigen muss, und zwar schon ganz allein aus dem Grunde, weil von hier aus die Wasser beiderseits gegen H' und D' abgeflossen sind. In den Punkten G und F herrscht demnach Ebbe. Bis zu dem Augenblicke, wo der Mond, in Folge seiner wahren und scheinbaren Bewegung, wieder über den Punkt H' zu stehen kommt, d. h. zwischen zwei oberen Meridiandurchgängen des Mondes, durchschnittlich innerhalb $24^h\ 48^m\ 45^s$ müssen daher zwei Fluthen und zwei Ebben eintreten.

Man begreift leicht, dass die Höhe der Fluth H'H" und D'D" also auch die Tiefe der Ebbe in dem Maasse grösser sein wird, als der Mond sich näher bei der Erde befindet. Die Fluth wird beträchtlicher, wenn der Mond zur Zeit seines Meridiandurchgangs sich im Perigäum befindet, alsdann, wenn er im entferntesten Punkte seiner Bahn dem „Apogäum" steht.

Alles was bezüglich der Wirkung der Mondanziehung auf die flüssige Erdoberfläche gesagt wurde, gilt auch Wort für Wort in Beziehung auf die Anziehung der Sonne. Nur ist die durch die Sonne hervorgerufene Fluth wegen der sehr beträchtlichen Entfernung dieses Gestirns weit schwächer als die Mondfluth und steht zu dieser im Verhältnisse von 10 : 22 oder ungefähr $^1/_2$.

Betrachtet man die Wirkungen von Sonne und Mond zuerst gesondert und dann gesammt, so sieht man sofort, dass sich beide periodisch entgegenstehen und verstärken. Zur Zeit von Neu- und Vollmond, wo Sonne und Mond hintereinander und gegenüberstehen, summirt sich die Wirkung beider auf die Höhe der Fluth, es entstehen die Springfluthen. In den Quadraturen, d. h. zur Zeit der Mondviertel, wo Sonne und Mond 90° von einander entfernt stehen, hebt sich die Wirkung beider fast zum Theil gegenseitig auf. Denn die Sonne steht alsdann im Meridian von Orten, die in Folge der Mondanziehung Ebbe haben müssten und der Mond strebt seinerseits dort Fluth hervorzubringen, wo in Folge der Sonnenanziehung Ebbe sein würde. Die stärksten Wirkungen treten dann ein, wenn Mond und Sonne senkrecht über

dem Aequator stehen, zusammen den Meridian passiren und beide auch in der Erdnähe sich befinden. Diese Aequinoctial-Springfluthen sind ganz besonders gefürchtet. Glücklicher Weise finden sich aber nur selten alle Umstände vereinigt, um das Maximum des Effects hervorzubringen. Der Grund, weshalb die Wirkung am bedeutendsten ist, wenn Sonne und Mond senkrecht über dem Aequator stehen, ist auf dem hier eingeschlagenen Wege nicht leicht nachzuweisen. Die analytische Untersuchung aber giebt für die Fluthhöhe einen einfachen Ausdruck, dessen Grösse neben der geographischen Breite des Beobachtungsortes auch von dem Winkelabstande der Sonne und des Mondes vom Aequator abhängt. Der Werth oder die Grösse dieses Ausdrucks ist Null für Orte unter den Polen und ein Maximum für Orte im Erdäquator und gleichzeitigem Stande von Sonne und Mond senkrecht über demselben.

Am eingehendsten hat sich Laplace mit dem Probleme der Ebbe und Fluth beschäftigt. Er ging bei seinen Untersuchungen davon aus, dass der Gleichgewichtszustand der Wasser bei den Gezeiten nie wirklich erreicht wird, sondern Ebbe und Fluth nur in ewigen Oscillationen um denselben bestehen. Im Verlaufe seiner mathematischen Entwickelungen kam der französische Geometer auf einen analytischen Ausdruck, der auf drei verschiedene Arten von Oscillationen hinweist. Die erste derselben erfolgt ganz so, wie es das unter der Einwirkung der anziehenden Körper sich herausstellende Gleichgewicht erfordern würde. Die Oscillationen der zweiten Art hängen von der ungleichen Meerestiefe ab, sie würden verschwinden, wenn der feste Erdkern überall gleich hoch von Wasser bedeckt wäre. Dagegen sind die Oscillationen der dritten Art Functionen der absoluten Meerestiefe; sie hängen ab von der Dicke der Wasserschicht. So würde beispielsweise bei einer Meerestiefe von etwas über 1 geographische Meile die ganze Fluthhöhe unter dem Aequator im Maximum $34\,^1/_4$ Pariser Fuss betragen, bei doppelter Tiefe hingegen nur $5\,^5/_6$ Fuss. Je tiefer das Meer, um so geringer wird die Fluthhöhe, bis sie in ihrem Minimum 3 Fuss erreicht, nämlich diejenige Höhe, welche stattfände, wenn der liquide Theil in jedem Augenblick die dem Gleichgewicht entsprechende Gestalt annähme. Die erste Art von Oscillation wiederholt sich in einer Periode, die der Rückkehr des anziehenden Himmelskörpers zu dem nämlichen Winkelabstande vom Aequator entspricht. Die zweite umschliesst eine Periode, die mit der Rückkehr des Gestirns zum Meridian beginnt und schliesst. Die dritte Art von Oscillation hat eine halb so lange Periode.

Um aus den theoretischen Untersuchungen bezüglich des Eintreffens der Fluth Nutzen zu ziehen, ist es nothwendig für die verschiedenen Hafenorte von gewissen Erfahrungsdaten auszugehen. Wir haben schon oben das ungleichförmige Eintreffen von Ebbe und Fluth für verschiedene Localitäten kennen gelernt. Der Grund dieser Anomalien liegt, wie bereits zum Theil bemerkt wurde, in der Configuration der Küsten, die der Fluthwelle entweder förderlich oder hindernd in den Weg treten. Der Augenblick der Fluthzeit, bezogen auf den Durchgang des Mondes durch den Meridian, am Tage des Neu- oder Vollmondes oder in der Nautik, „das Hafen-Etablissement oder die Hafenzeit", muss für

die einzelnen Hafenorte durch Beobachtung bekannt sein, wenn man für jeden gegebenen Zeitpunkt den Eintritt der Fluth bestimmen will. Whewell in England hat zuerst den Gedanken gehabt, auf einer Weltkarte alle Orte, welche zu gleicher Zeit, also z. B. um 4 Uhr, um 5 Uhr u. s. w. Hochwasser haben, durch Linien zuverbinden. Solche Linien gleicher Fluthzeit, die sogenannten Isorachien[1], stellen für alle Stunden des Tages die Lage der Fluthwelle dar, man verfolgt gewissermassen mit den Augen den Fortschritt der Welle innerhalb 24 Stunden durch den ganzen Ocean um die Erde, und erkennt gleichzeitig deutlich, den mannichfach verschiedenen, bald verzögernden, bald beschleunigenden oder ablenkenden Einfluss der Configuration der Continente und Inseln.

Um die Zeit des Hochwassers für einen beliebigen Ort, dessen Hafenzeit bekannt ist, an einem bestimmten Tage zu finden, bedienen sich die Seefahrer gewisser Tabellen und einfacher Rechnungsmethoden.

Diese Tabellen sind folgende:

Tafel I.

Jahr.	Jan.	Febr.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.
1862	0	2	1	2	3	4	5	6	8	8	10	10
1863	11	13	12	13	14	15	16	17	19	19	21	21
1864	22	24	23	24	25	26	27	28	0	0	2	2
1865	3	5	4	5	6	7	8	9	11	11	13	13
1866	14	16	15	16	17	18	19	20	22	22	24	24
1867	15	27	26	27	28	29	0	1	3	3	5	5
1868	6	8	7	8	9	10	11	12	14	14	16	16
1869	17	19	18	19	20	21	22	23	25	25	27	27
1870	28	0	29	0	1	2	3	4	6	6	8	8
1871	9	11	10	11	12	13	14	15	17	17	19	19
1872	20	22	21	22	21	24	25	26	28	28	0	0
1873	1	3	2	3	4	5	6	7	9	9	11	11
1874	12	14	13	14	15	16	17	18	20	20	22	22
1875	23	25	24	25	26	27	28	29	1	1	3	3
1876	4	6	5	6	7	8	9	10	12	12	14	14
1877	15	17	16	17	18	19	20	21	23	23	25	25
1878	26	28	27	28	29	0	1	2	4	4	6	6
1879	7	9	8	9	10	11	12	13	15	15	17	17
1880	18	20	19	20	21	22	23	26	26	26	28	28

Tafel II.

Mondalter.	Correction.		Mondalter.	Correction.		Mondalter.	Correction.	
	St.	Min.		St.	Min.		St.	Min.
0	0	0	10	8	14	20	15	11
1	0	36	11	9	17	21	15	56
2	1	11	12	10	9	22	16	51

Mondalter.	Correction.		Mondalter.	Correction.		Mondalter.	Correction.	
	St.	Min.		St.	Min.		St.	Min.
3	1	46	13	10	53	23	18	0
4	2	21	14	11	33	24	19	18
5	3	1	15	12	8	25	20	31
6	3	44	16	12	45	26	21	31
7	4	37	17	13	19	27	22	21
8	6	40	18	13	54	28	23	3
9	6	58	19	14	30	29	23	42
10	8	14	20	15	11	29³/₄	24	0

Der Gebrauch dieser beiden Tafeln ist ungemein einfach und leicht. Gesetzt man suche für den 5. Juni 1868 die Zeit des Hochwassers für Cadix, dessen Hafenzeit $1^h\ 15^m$. Man sucht zuerst in den neben der Jahreszahl stehenden Colonnen die Zahl des betreffenden Monats und findet 10. Hierzu addirt man das Monatsdatum, also 5 und erhält $10 + 5 = 15$. Das ist das Mondalter. Sucht man hiermit in Tafel II. die Correction, so findet man $12^h\ 8^m$; hierzu die Hafenzeit addirt giebt $13^h\ 23^m$. Hiervon hat man indess $12^h\ 24^m$ abzuziehen und findet dann als Zeit des Hochwassers: Nachmittag 1 Uhr weniger 1 Minute. Ueberhaupt hat man, wenn die Correction + der Hafenzeit die Summe von $12^h\ 24^m$ übersteigt, diese Zahl davon zu subtrahiren, übersteigt die Summe selbst noch $24^h\ 48^m$, so subtrahirt man diese Zahl. Diese Berechnungsart, die übrigens nur eine näherungsweise Zeitangabe liefert, giebt das Hochwasser in wahrer Zeit ausgedrückt, die man durch Anwendung der Zeitgleichung in mittlere verwandeln muss. Ein genaueres Verfahren nimmt noch auf den scheinbaren Monddurchmesser, der von dem Mondabstand abhängt, sowie auf die geographische Lage des Hafenortes Rücksicht; doch reicht die vorstehende Berechnungsmethode für den praktischen Seemann vollkommen aus und wird auch von ihm hauptsächlich angewandt.

Zeiten der höchsten Fluth bei Neu- und Vollmond.

	h	m		h	m
Abbeville, Frankreich . .	10	30	Bassora, Irak-Arabi . . .	12	0
Aberdeen	1	45	Bayonne, Frankreich . . .	3	30
Acapulco, Mexiko	0	3	Belfass, Irland	10	5
Aix, Frankreich	3	0	Bergen, Norwegen . . .	1	30
Altona, Deutschland . . .	6	0	Bermuda, Insel	7	49
Amazonenfluss, Mündung .	6	0	Bilbao, Spanien	3	15
Amboina, Molukken . . .	12	0	Biscaya, „	4	30
Amsterdam, Holland . . .	3	0	Blanco, Cap, Afrika . . .	9	45
Anhalt, Insel, Cattegat . .	12	0	Bombay, Castle, Ostind. .	11	10
Antwerpen	4	25	Borkum, Insel, Deutschland	11	30
Archangel	6	0	Boston, Ver. Staat. . . .	11	25
Awatscha, Bai, Kamtschatka .	4	36	Botany, Bai, Austral. . . .	8	0
Babelmandeb, Insel . . .	12	0	Boulogne, Frankreich . .	10	50
Bahama, Insel, Westind. .	7	30	Bremen	6	0
Baltimore, Ireland	10	40	Brest, Frankreich	3	48

	h	m		h	m
Bristol, England	7	16	Jahde, Deutschland	12	0
Cadix, Spanien	1	15	Janeiro, Rio	2	45
Calais, Frankreich	11	30	Jersey, Canal	6	10
Callao, Peru	6	30	Jütland, Küste	12	0
Canton, Fluss, China	1	30	Kap d. guten Hoffnung	3	0
Cayenne	4	30	Kapstadt	2	20
Charleston, Ver. Staat.	7	0	Kingstown, Irland	10	17
Chatam, England	0	54	Lancaster, England	11	15
Cherbourg, Frankreich	7	30	Lee Stone, Ireland	10	30
Chester, Ver. Staat.	1	30	Leith, Schottland	2	20
Connecticut, Ver. Staat.	11	30	Limerick, Ireland	6	0
Corunna, Spanien	3	0	Lissabon	4	0
Cuba, Insel	7	30	Loando, Afrika	4	30
Cuxhafen, Deutschland	1	0	London Bridge	2	7
Delaware, Fluss, Ver. Staat.	9	0	Londonderry, Ireland	6	0
Delgado, Cap, Afrika	4	30	Long Island, Ver. Staat.	3	0
Dieppe, Frankreich	10	25	l'Orient Port, Frankreich	3	30
Dordrecht, Holland	3	0	Louis Port, Mauritius	12	30
Dover, Rhede	11	6	„ „ Frankreich	4	0
Drontheim, Norwegen	2	15	Lucar, St., Spanien	2	15
Dublin, Barre, Irland	10	30	Macao, China	9	52
Dünkirchen, Frankreich	11	40	Madeira, Atl. Ocean	12	4
Dundee, Schottland	2	15	Magelhansstrasse, Ost-Einf.	11	0
Dunwick, England	9	30	Malacca, Rhede, Ostind.	10	30
Eddystone, Canal	5	15	Malaga, Spanien	12	0
Edinburg, Schottland	2	30	Malo, St., Frankreich	6	0
Elbe, Fluss, Rothe Tonne	12	0	Man, Insel, St. Georgscanal	10	20
Emden, Deutschland	12	0	Manilla, Bai, Philippinen	10	40
Ems, Oster-	10	30	Marocco, Küste	2	15
„ Wester	10	0	Marquesas, Insel, Still. Ocean	2	30
Falmouth, England	5	30	Martinique, Insel	4	30
Ferro, Insel	3	0	Mathieu, St., Frankreich	3	0
Ferrol, Spanien	3	45	Mississippi, Mündung	2	0
Finisterre, Spanien	3	0	Montrose, Schottland	1	43
Florida, Cap	7	30	Nantes, Frankreich	4	0
Fuenterabia, Spanien	3	0	Newcastle, England	4	0
Funchal, Madeira	12	15	New-York East River	8	54
Galway, Bai, Ireland	4	30	Nordcap, Lapland	3	44
Garonne, Fluss, Einf. Frankreich	3	45	Nowaja Semlja	9	0
Gibraltar	0	0	Oporto, Portugal	3	15
Glasgow, Schottland	10	49	Orkney, Inseln	10	30
Glückstadt, Deutschland	5	0	Ostende, Belgien	0	10
Greenwich, England	2	28	Otahaiti, Insel, Venus-Spitze	10	30
Grisnez, Cap, Frankreich	11	0	Palma, Canarische Inseln	3	0
Guernsey, Canal	6	30	Panama	3	0
Gute Hoffnung, Cap	3	0	Pernambuco, Brasilien	7	15
Halifax, Neu-Schottland	8	0	Philadelphia, Ver. Staat.	3	0
Hamburg	6	15	Plymouth, England	5	33
Hammerfest, Norwegen	1	10	Portland Rill, England	7	15
Hatteras, Cap, Ver. Staat.	9	0	Portsmouth, England	11	40
Havre, Frankreich	10	0	Quebec, Canada	6	45
Helder, Holland	12	0	Quiberon, Frankreich	3	45
Helena, Insel	1	30	Ramsgate, Hafen, England	11	40
Holysead, Bai, Wales	10	0	Rio-Janeiro	2	40
Honfleur, Frankreich	9	30	Rochefort, Frankreich	4	15
Hull, England	6	0	Rochester, England	1	0
Ipswich, England	12	0	Rotterdam, Holland	3	0
Jackson Port, Austral.	8	15	Rouen, Frankreich	1	15
			Seine, Fluss, Einf., Frankr.	10	30

	h	m		h	m
Senegal Barre, Afrika . .	10	30	Trincomale, Ceylon . . .	6	0
Sidney, Port Jakson . . .	9	0	Tyne, Mündung, England .	3	30
Sierra Lione, Cap, Afrika .	7	30	Unalaschka, Nordw. Amerika	2	30
Sofala, Afrika	4	0	Valdivia, Chili	11	30
Southampton, England . .	11	40	Valentia, Irland	3	30
Spartel, Cap, Afrika . . .	3	0	Vincent, Cap, Spanien . .	2	15
Spithead, England . . .	9	30	Vliessingen, Holland . . .	0	30
Stockton, England	4	30	Wardhuse, Lapland . . .	4	0
Suez, Hafen	11	30	Weser, Einf.	12	0
Surinam, Guyana	5	30	Weymouth, England . . .	6	30
Swansea Bai, Wales . . .	5	56	Whitehaven, England . .	11	15
Sylt-Canal, Dänemark . .	12	15	Winchelsea, England . . .	12	45
Tafel-Bay, Afrika	2	25	Windsor, Fundy Bai . . .	12	0
Tanger, Marocco	2	15	Woolwich, England . . .	2	15
Tarifa, Insel, Spanien . .	12	0	Yarmouth Roads, England	8	40
Teneriffa, Insel	3	0	„ Sands, England	10	30
Terceira, Azoren	11	45	Yarmouth, Tafel Wight . .	9	30
Texel, Rhede, Holland . .	7	45	Zanzibar, Afrika	4	45
Themse, Mündung	12	0	Zuider Zee, Holland . . .	1	30

Einfallsloth heisst die Senkrechte, welche man sich auf einer brechenden oder spiegelnden Ebene da errichtet denkt, wo der auffallende Lichtstrahl diese Ebene trifft. Bei gekrümmten Flächen steht das Einfallsloth senkrecht auf der Berührungsebene in dem Punkte, wo der Strahl die Fläche trifft.

Einfallspunkt heisst der Punkt, in welchem ein Lichtstrahl eine brechende oder spiegelnde Fläche trifft.

Einfallswinkel wird bei Lichtstrahlen, die auf eine Fläche fallen, der Winkel genannt, den der Strahl mit dem Einfallslothe macht.

Einschattige werden diejenigen Bewohner der Erde genannt, welche im Mittage stets, mit Bezug auf sie selbst, den Schatten nach der nämlichen Seite werfen.

Es sind also die Bewohner ausserhalb der heissen Zone, indem bei ihnen auf der nördlichen Halbkugel der Schatten stets nach Norden, auf der südlichen Halbkugel stets nach Süden fällt.

Eintritt, s. Austritt.

Eklipsen (von dem griechischen 'Εκλείπω, ich fehle) werden die Finsternisse (s. d.) genannt, weil dabei der verfinsterte Körper zu fehlen scheint.

Ekliptik heisst derjenige grösste Kreis am Himmel, den der Mittelpunkt der Sonne im Laufe des Jahres durchwandert. Natürlich ist dies nur scheinbar der Fall und die Erde bewegt sich im Laufe des Jahres einmal um die Sonne. Die Ekliptik ist also in Wahrheit die Projection der Erdbahn auf dem scheinbaren Himmelsgewölbe und sie wurde von den Alten Ekliptik genannt, weil sich in ihr am Himmel die Eklipsen, d. h. die Finsternisse, ereignen.

Schon die oberflächlichste Beobachtung ergiebt, dass die Ekliptik nicht mit dem Himmelsaequator zusammenfällt, indem die Sonne im Sommer bis zu $23^1/_2{}^0$ über, und im Winter bis zu $23^1/_2{}^0$ unter dem Aequator steht; nur zwei Mal im Jahre steht sie im Aequator, am 21. März und am 23. September. Die beiden ersten Punkte der

Ekliptik werden die Solstitialpunkte, die beiden letzten die Aequinoctialpunkte genannt. Beobachtet man den Ort der Sonne am Himmel in diesen vier Punkten und legt durch dieselben einen grössten Kreis, so bezeichnet dieser die Ekliptik. Wegen der schiefen Lage derselben wurde sie bei den griechischen Astronomen auch der schiefe Kreis (λοξος κύκλος) genannt. Die Neigung der Ekliptik gegen den Aequator, d. h. der Winkel, den sie mit dem Aequator macht, heisst noch heute Schiefe der Ekliptik, wofür man natürlich mit dem nämlichen Rechte auch Schiefe des Aequators sagen könnte.

Die Lage der Ekliptik am Himmel ist keineswegs absolut unveränderlich, vielmehr nähert sie sich seit den ältesten Zeiten der Beobachtung langsam der Ebene des Aequators, wie folgende Messungen zeigen:

Tschu-Kong in China	1100 v. Chr.	fand d.	Schiefe	d. Ekliptik	23° 52′ 0″.
Pytheas aus Marseille	350	„	„	„	„	23° 49′ 20″.
Ibn-Junis in Aegypten	1000 n. Chr.	„	„	„	23° 34′ 26″.
Coschu-King in China	1280	„	„	„	„	23° 32′ 2″.
Ulugh-Beigh in Samarkand	1437	„	„	„	„	23° 31′ 48″.
Bradley in England	1750	„	„	„	„	23° 28′ 18″.
im Jahre	1800	„	„	„	„	23° 27′ 54″.

Diese Abnahme wird jedoch nicht stets fortgehen und nie werden Aequator und Ekliptik zusammenfallen. Denn die Ursache der gegenwärtigen Abnahme, welche in der Gesammtwirkung aller Planeten auf die Erdbahn zu suchen ist, wird, wie die Mechanik des Himmels zeigt, nach vielen Jahrtausenden, in Folge der dann veränderten Lage der Planetenbahnen gegen die Erdbahn, eine umgekehrte Wirkung erzeugen und die Abnahme wird in eine Zunahme übergehen. Nach den früheren Rechnungen von Lagrange werden die Schwankungen der Schiefe der Ekliptik sich innerhalb der Grenzen von 22° 54′ und 25° 21′ bewegen, nie aber diese Grenzen überschreiten. In den nächsten 30,000 Jahren wird sich die Schiefe der Ekliptik, nach Leverrier nicht mehr als um höchstens 1° 10′ verändern.

Die Durchschnittspunkte der Ekliptik mit dem Aequator verändern ihre Lage ebenfalls ununterbrochen; man nennt diese Veränderung das Vorrücken der Nachtgleichen, worüber alles Nähere in dem betreffenden Artikel.

Ausser der gewöhnlichen Eintheilung in 360 Grade, wie jeder Kreis, wird die Ekliptik auch in 12 sogenannte himmlische Zeichen eingetheilt, deren jedes 30 Grade umfasst und seine Benennung von einem der Sternbilder bezogen hat, welche unter den Fixsternen die Ekliptik umgeben. Die Namen und Reihenfolge und bildliche Bezeichnung dieser Zeichen sind folgende:

♈	Widder, die Sonne tritt jährlich in dieses Zeichen am	20. März.
♉	Stier, „ „ „ „ „ „	20. April.
♊	Zwillinge, „ „ „ „ „ „	21. Mai.
♋	Krebs, „ „ „ „ „ „	21. Juni.
♌	Löwe, „ „ „ „ „ „	21. Juli.

♍ Jungfrau,	die Sonne	tritt	jährlich	in dieses	Zeichen	am	23.	August.
♎ Waage	„	„	„	„	„	„	23.	Septbr.
♏ Scorpion	„	„	„	„	„	„	22.	Octbr.
♐ Schütze	„	„	„	„	„	„	22.	Novbr.
♑ Steinbock	„	„	„	„	„	„	21.	Decbr.
♒ Wasserman	„	„	„	„	„	„	19.	Januar.
♓ Fische,	„	„	„	„	„	„	18.	Febr.

Man muss sich übrigens hüten diese Zeichen mit den Sternbildern zu verwechseln, denen sie entlehnt sind. In Folge des Vorrückens der Nachtgleichen (s. d.) tritt die Sonne keineswegs gleichzeitig mit ihrem Eintritt in ein Zeichen, in das gleichnamige Sternbild.

Elemente der Bahn nennt man in der Astronomie diejenigen Bestimmungsstücke der Bahn, welche irgend ein himmlischer Körper beschreibt, durch welche diese Bahn völlig bestimmt wird und mit Hülfe deren man den Ort des Körpers in der Bahn für jede gegebene Zeit finden kann.

Die Bahnen der Himmelskörper sind ebene, und zwar geht die Ebene der Bahn in unserm Sonnensystem stets durch den Sonnenmittelpunkt. Es ist sonach klar, dass die Bahnelemente in solche zerfallen, welche die Lage der Bahnebene gegen eine beliebige Grundebene bestimmen, dann in solche, welche die Dimensionen der Bahn ausdrücken, und dass schliesslich noch die Angabe des Ortes des Himmelskörpers in der Bahn für einen bestimmten Zeitpunkt hinzukommen muss.

Die Bahn eines Planeten ist durch folgende 7 Elemente gegeben:

1) Die halbe grosse Axe.
2) Die Excentricität.
3) Die Neigung der Bahnebene gegen die Grundebene der Ekliptik.
4) Die Länge des aufsteigenden Knotens.
5) Die Länge des Perihels.
6) Die mittlere tägliche Bewegung (oder auch die Umlaufszeit).
7) Die Epoche oder der Ort des Planeten für einen gewissen Zeitpunkt.

Als Einheit der halben grossen Axe des Planeten nimmt man gewöhnlich die mittlere Entfernung der Sonne, als Einheit der Excentricität die halbe grosse Axe selbst, d. h. man drückt die Excentricität in Theilen der halben grossen Axe aus. Da nach dem 3. Kepler'schen Gesetz bei allen Planeten die Quadrate der Umlaufszeiten sich wie die Kubikzahlen ihrer mittlern Entfernungen verhalten, so ist, wenn die halbe grosse Axe und Umlaufszeit eines Planeten gegeben, die Umlaufszeit eines zweiten bekannt, sobald seine halbe Axe bekannt ist, und man kennt umgekehrt die halbe grosse Axe der Bahn, sobald man seine Umlaufszeit oder mittlere tägliche Bewegung kennt. Die oben, der Vollständigkeit wegen angegebenen Elemente 1 und 6 bilden daher streng genommen nur ein Element.

Streng genommen müsste auch noch die Masse des Planeten unter den Elementen angeführt werden, man sieht jedoch hiervon ab,

weil selbst die Massen aller Planeten zusammengenommen gegen die Sonnenmasse sehr klein sind.

Mit Ausnahme der halben grossen Axe erleiden die Bahnelemente sämmtlicher Planeten durch die Beeinflussung der Planeten unter einander (s. Störungen) jährliche Veränderungen, die jedoch besonders für kleinere Zeiträume sehr unbedeutend sind. Diese jährlichen Veränderungen sind das schliessliche Resultat der Störungen der Planeten unter einander, die natürlich in jedem Augenblicke stattfinden und unaufhörlich die mittleren Bahnelemente verändern.

Die nachstehende Tafel enthält die mittleren Bahnelemente der Planeten, mit Ausnahme derjenigen der kleinen Planeten, die man in dem Artikel Planetoiden findet.

Name.	Siderische Umlaufszeit. Tage.	Mittlere Länge am 1. Januar 1800.	Halbe grosse Axe der Bahn.	Excentricität.	Jährliche Aenderung der Excentricität.
Merkur	87,9692578	112° 5′ 4,8″	0,3870987	0,20560030	+ 0,0000002053
Venus	224,7007869	146 44 55,8	0,7233322	0,00685903	− 0,0000004800
Erde	365,2563744	100 53 29,9	1,0000000	0,01679207	− 0,0000004135
Mars	686,9796458	233 5 33,9	1,5236913	0,09321670	+ 0,0000009001
Jupiter	4334,5848212	81 54 48,6	5,2027980	0,04815940	+ 0,0000012993
Saturn	10759,2198174	123 6 29,3	9,5388520	0,05615630	− 0,0000026893
Uranus	30686,8208300	173 30 37,2	19,1826390	0,04661090	− 0,0000002696
Neptun	60186,4180000	—	30,0705000	0,00917090	+ 0,0000000616

Name.	Länge des Perihels.	Jährl. Aenderung der Länge des Perihels.	Neigung der Bahn.	Jährl. Aenderung d. Bahnneigung.
Merkur . . .	74° 20′ 41,20″	+ 55,″522	7° 0′ 4,53″	+ 0,″0748
Venus. . . .	128 42 48,20	+ 50, 602	3 23 28,10	+ 0, 0384
Erde	99 30 21,77	+ 61, 674	—	—
Mars	332 22 53,50	+ 66, 021	1 51 5,80	− 0, 0218
Jupiter . . .	11 7 37,72	+ 56, 615	1 18 52,06	− 0, 2015
Saturn . . .	89 7 45,38	+ 66, 887	2 29 36,89	− 0, 1349
Uranus . . .	167 30 22,62	+ 53, 283	0 46 28,44	+ 0, 0189
Neptun . . .	49 34 17,50	+ 50, 825	1 47 17,80	− 0, 3379

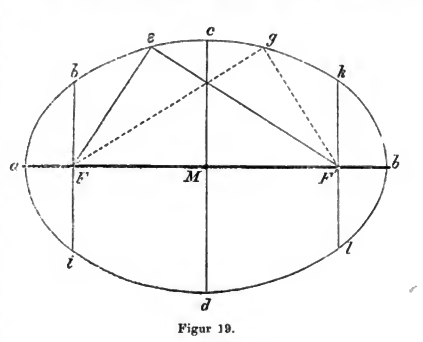
Name.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Jährl. Aenderung der Länge des aufsteigenden Knotens.	Masse in Theilen der Sonnenmasse
Merkur	45° 57′ 38,75″	+ 42,″698	$1/_{4350000}$
Venus.	74 52 58,00	+ 32, 861	$1/_{412150}$
Erde			$1/_{319455}$
Mars	48 0 46,10	+ 27, 859	$1/_{2680337}$
Jupiter	98 26 34,10	+ 36, 557	$1/_{1046{,}7}$
Saturn	111 56 15,80	+ 31, 375	$1/_{3501{,}6}$
Uranus	72 59 14,10	+ 18, 338	$1/_{20000}$
Neptun	129 34 46,90	+ 39, 536	$1/_{21000}$

Da bei den meisten Kometen die Umlaufszeit nicht bestimmt werden kann, weil dazu meist die Beobachtungen nicht ausreichen und weil ferner diese Gestirne für die Beobachtungen keine merkliche Masse besitzen, so fallen für diese die Elemente 1, 2 und 6 aus. Nur bei wenigen Kometen (s. d.) hat man eine elliptische Bahn, also die Umlaufszeit, halbe grosse Axe und Excentricität berechnen können. Die Bahnen der übrigen Kometen haben dagegen, besonders in dem Theile derselben, wo wir sie beobachten können, eine so grosse Aehnlichkeit mit Parabeln (s. d.), dass man sie als solche betrachtet und berechnet.

Bei den (wenigen) Doppelsternbahnen (s. Doppelsterne), die man bis jetzt hat berechnen können, kommen die nämlichen Elemente vor wie bei den Planeten, doch ist zu bemerken, dass hier Umlaufszeit und grosse Axe zwei selbständige Elemente bilden, weil jene Doppelsterne ja nicht unsere Sonne umkreisen und das 3. Kepler'sche Gesetz in der angegebenen Form sich bloss auf Planeten beschränkt, welche denselben Centralkörper umkreisen. Ferner ist bei den Doppelsternbahnen zu bemerken, dass die Neigung und die Knoten sich nicht (wie bei den Planeten) auf die Ekliptik, sondern auf eine Ebene beziehen, welche die Himmelssphäre in dem Punkte, den der Doppelstern einnimmt, berührt. Auch kann der Knoten hier sowohl der auf- als niedersteigende sein, da es vorläufig noch kein Mittel giebt zu entscheiden, in welchem Punkte der Bahn des Doppelsterns der Begleiter uns näher ist als der Centralstern.

Näheres über die einzelnen Bahnelemente enthalten die betreffenden Artikel.

Ellipse ist eine krumme Linie, welche die Eigenschaft hat, dass die Summe der Entfernungen jedes Punktes ihres Umfangs von zwei von ihr umschlossenen Punkten, welche Brennpunkte heissen, stets gleich gross, und zwar so gross wie der grösste Durchmesser oder die grosse Axe der Ellipse ist.



Figur 19.

Figur 19 stellt eine Ellipse vor; ab ist die grosse, cd ihre kleine Axe, FF' sind ihre beiden Brennpunkte. Es ist nun $F\varepsilon + \varepsilon F' = ab$ und ebenso $Fg + gF' = ab$, und so für jeden andern Punkt des Umfanges. Hieraus entspringt eine sehr einfache Methode, um eine Ellipse zu zeichnen. Man schlage zwei Nägel ein und in der Entfer-

nung, wo die beiden Brennpunkte sich befinden, binde an jeden der beiden Nägel das Ende eines Fadens, dessen gesammte Länge der grossen Axe der Ellipse gleich ist und ziehe mittels eines Bleistiftes den Faden straff an, alsdann beschreibt die Spitze des Bleistiftes auf der Ebene, in welcher die beiden Nägel sich befinden, den Umfang der Ellipse. Der Durchschnittspunkt M der grossen und kleinen Axe bezeichnet den Mittelpunkt der Ellipse. Die Entfernung des Mittelpunktes von einem der Brennpunkte heisst die Excentricität der Ellipse; die Senkrechte durch einen der beiden Brennpunkte, also bi, oder kl wird Parameter der Ellipse genannt. Jede der Geraden von einem der Brennpunkte zum Umfange heisst Radius vector. Der halbe Parameter, also Fb oder F'l, ist also auch ein Radius vector.

Je kleiner die Excentricität FM ist, um so mehr nähert sich eine Ellipse dem Kreise. Man darf diesen letztern als eine Ellipse ohne Excentricität betrachten.

Nennt man die halbe grosse Axe der Ellipse a, die halbe kleine Axe b, so ist ihr Flächeninhalt $= a \cdot b \cdot \pi$, wo π ($= 3{,}14159\ldots$) das Verhältniss des Kreisumfangs bezeichnet

Denkt man sich eine Ellipse um ihre grosse Axe gedreht, so beschreibt ihr Umfang einen Rotationskörper, der Ellipsoid genannt wird; dreht man dagegen eine Ellipse um ihre kleine Axe, so entsteht ein Sphäroid.

Heisst wieder a die halbe grosse, b die halbe kleine Axe, so ist der kubische Inhalt des Ellipsoids $= \frac{4}{3}\, a \cdot b \cdot b$.

Die Ellipse gewinnt eine besondere Bedeutung dadurch, dass sie hauptsächlich die Bahnform ist, in welcher sich die Himmelskörper bewegen.

Elongation, Ausweichung, heisst die Winkeldistanz eines Planeten von der Sonne, also der Winkel, welchen die nach dem Planeten und dem Sonnenmittelpunkte gezogenen Linien im Auge des irdischen Beobachters mit einander bilden. Die Erdbahn umschliesst bekanntlich die Bahnen des Merkur und der Venus. Die Elongationen dieser beiden Planeten können daher einen gewissen grössten Werth niemals überschreiten, welcher für Merkur $28\frac{1}{2}^0$, für Venus etwa 48^0 beträgt.

Emanationssystem wird diejenige Theorie des Lichtes genannt, die annimmt, dass das Licht aus unendlich feinen Theilchen besteht, welche von dem leuchtenden Körper nach allen Seiten in geraden Linien ausgesandt werden. Diese Theorie des Lichtes ist von Newton in die Wissenschaft eingeführt worden, gegenwärtig jedoch als unhaltbar längst verworfen.

Emersion, s. Austritt.

Empedocles, berühmter griechischer Philosoph aus Agrigent in Sicilien, lebte um die Mitte des fünften Jahrhunderts vor Chr. Seine Ansichten über das Weltgebäude, die Lichtstrahlen etc. verschafften ihm seiner Zeit grosses Ansehen.

Encke, Johann Franz, berühmter deutscher Astronom, geb. am 23. September 1791 zu Hamburg, gest. 26. Juli 1865 zu Spandau, ward als Knabe von Gerling für das Studium der Mathematik ge-

wonnen, studirte in Göttingen seit 1811 bei Gauss Mathematik und Astronomie, machte die Befreiungskriege mit und ward 1816 Gehülfe, 1822 Director der Sternwarte Seeberg bei Gotha. Hier entdeckte er die kurze Umlaufszeit und Bahnverengung des nach ihm benannten Kometen und leitete die Sonnenentfernung aus den Beobachtungen der beiden Venusdurchgänge ab. Durch Bessel's Vermittlung im Jahre 1825 zum Director der neu zu erbauenden Sternwarte in Berlin ernannt, übernahm er nach Bode's Tode dort auch die Fortführung des Berliner astronomischen Jahrbuches, das er zum ersten seiner Art erhob. Nicht minder thätig war Encke für das von Bessel ausgegangene Unternehmen der neuen Zonenkarten des aequatorealen Himmels, die alle Sterne bis zur 10. Grösse innerhalb eines Raumes von 15° nördlich und südlich vom Himmel umfassen sollten. Dieses grosse Unternehmen hat freilich unverhältnissmässig lange Zeit für seine Vollendung in Anspruch genommen und ist gegenwärtig durch Argelander's Atlas weit überholt. Encke war in seiner Stellung in Berlin gewissermassen der officielle Vertreter der Astronomie in Preussen; seine Thätigkeit als astronomischer Rechner — weniger als Beobachter — war eine unermüdliche, jene als Lehrer an der Universität eine grosse und segensreiche. Eine bedeutende Anzahl unter den gegenwärtigen hervorragenden Astronomen sind seine Schüler.

Entfernung nennt man die kürzeste Linie, welche zwei Punkte verbindet, d. h. die man sich zwischen zwei Punkten gezogen denken kann. Bei den Himmelskörpern versteht man unter Entfernung derselben stets den Abstand ihrer Mittelpunkte von einander. Man muss wohl zwischen wahrer und scheinbarer Entfernung unterscheiden. Letztere bezeichnet in der Astronomie den Winkel, den zwei vom Auge zu den beiden Punkten gezogenen Linien im Auge bilden. Durch die scheinbare Entfernung ist im allgemeinen die wahre Entfernung durchaus nicht bestimmt.

Epakten heissen in der Chronologie und Kalenderrechnung diejenigen Zahlen, welche für jedes Jahr das Alter des Mondes am Neujahrstage angeben, d. h. anzeigen, um wie viele Tage der letzte Neumond des vorhergehenden Jahres dem Anfange des neuen Jahres vorausgegangen ist. Näheres über die Anwendung der Epakten siehe Cyklus.

Ephemeriden, astronomische Jahrbücher, werden diejenigen Schriften genannt, in welchen die Orte der Himmelskörper für eine gewisse Zeitdauer, meist für ein Jahr, im Voraus angegeben sind. Sie dienen dazu, um auf die verschiedenen Erscheinungen am Himmel im Voraus aufmerksam zu machen.

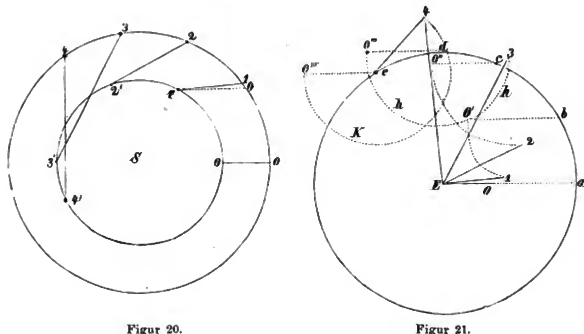
Unter den gegenwärtig erscheinenden Ephemeriden nimmt das Berliner astronomische Jahrbuch unstreitig den ersten Rang ein. Es wurde 1776 von Bode begründet und nach dessen Tode von seinem Nachfolger Encke in verbesserter Gestalt, nach dessen Tode endlich gegenwärtig von Förster herausgegeben. Als Mitarbeiter und Rechner betheiligen sich gegenwärtig daran eine grosse Anzahl astronomischer Rechner und nur durch Zusammenwirken aller dieser Kräfte

ist es überhaupt möglich das durch Entdeckung der kleinen Planeten riesenmässig angewachsene Material zu bezwingen. Nicht minder berühmt ist der Nautical Almanac, der seit 1767 ununterbrochen erscheint und besonders von den Seefahrern benutzt wird. Die Connaissance des temps, seit 1769 erscheinend, ist minder vollständig.

Epicykel, ein im Ptolomäischen Weltsysteme erforderlicher Kreis, um die Bewegung der Planeten darzustellen. Ich gebe hier die Theorie und Anwendung der Epicykeln mit den Worten von Brandes, da sich der schwierige Gegenstand nicht leicht klarer und einfacher darstellen lässt:

Die älteren Astronomen, welche die Erde als ruhend ansahen, bemerkten, dass die Bewegungen der Himmelskörper nicht durch ein Fortrücken auf einer einfachen, ungefähr kreisförmigen Bahn erklärt werden könnten; sie nahmen daher eine Bewegung auf einem Kreise, dessen Mittelpunkt selbst einen Kreis durchlief, an, und nannten nun den Kreis, dessen Mittelpunkt fortrückte, Epicykel, während dass der andere Kreis, auf welchem der Mittelpunkt des Epicykels sich bewegte, Circulus deferens hiess. Sobald man nämlich der Erde keine Bewegung beilegte, konnte die bald rückgängige, bald rechtläufige Bewegung der Planeten und die besonders beim Mars auffallende Ungleichheit ihres Abstandes von der Erde nicht durch ein Fortgehen nach einer einfachen Bahn erklärt werden, die Epicykel aber stellen dieses alles ganz gut dar. Ich will dieses an der Bewegung des Mars zeigen, der in ungefähr 23 Monaten einen Umlauf macht und also nach jener Ansicht seinen Epicykel in einem Jahre durchläuft, während des Epicykel Mittelpunkt in 23 Monaten auf dem Circulus deferens seinen Umlauf vollendet. Die Vergleichung der beiden Figuren 20 und 21, die ich hier mit gleichen Buchstaben bezeichnet liefere, werden leicht übersehen lassen, dass in der einen, die dem wahren Weltsystem gemäss gezeichnet ist, die Abstände des Planeten in jedem Zeitpunkte von der Erde ebenso gross sind und dass die Richtungslinien nach den Planeten hin eben die Lage haben wie in der andern, wo die Darstellung dem Ptolemäischen Systeme gemäss ist. Da Mars etwa 23 Monate zu seinem Umlaufe gebraucht und die Erde 12 Monate, so ist, in der wahren Ordnung der Planetenbewegungen, wenn die Erde zuerst sich in 0' befand als Mars in 0 war, jene in zwei Monaten nach 1', dieser nach 1 gekommen, folglich ist 1'1 der wahre Abstand beider Körper von einander und die Richtung der Linie 1'1 gegen 1'0, welche letztere mit 0'0 parallel ist, zeigt das scheinbare Fortrücken des Mars, so wie es der Erdbewohner beurtheilt. Wäre dagegen die Erde ruhend in E geblieben, während sich im ersten Zeitpunkte der Mittelpunkt des Epicykels in a, Mars aber auf dem Epicykel in 0 befand und während jener nach b, dieser auf dem Epicykel von 0' nach 1 fortging: so würde nach 2 Monaten Mars in 1 stehen und dem Erdbewohner um eben den kleinen Winkel 1 E 0 wie in der ersten Figur um 1 1' 0 fortgerückt erscheinen und E 1 wäre = 1'1. Die epicyklische Bewegung giebt also den relativen Ort des Mars nach Verlauf von zwei Monaten richtig an, wenn man den Mittelpunkt des Epicykels so weit fortrücken lässt, als es der

wahren Bewegung des Mars auf seiner Bahn gemäss ist und wenn man den Planeten auf dem Epicykel von einem mit a o parallel gezogenen Radius an so weit fortrücken lässt als es der wahren Bewegung der Erde in ihrer Bahn gemäss ist.



Figur 20. Figur 21.

Für die folgenden Zeitpunkte lässt sich ebenso urtheilen. Nach der wahren Ordnung der Planetenbewegungen ist nach 4 Monaten die Erde nach 2′, Mars nach 2 gekommen und 2′ 2 giebt die wahre Entfernung beider Körper von einander an, zöge man aber durch 2′ eine Linie mit 0′0 parallel, so würde der Winkel, den diese mit 2′2 macht, die scheinbare Fortrückung des Mars während der 4 Monate angeben. Ebenso sind 3′ 3 die Stellungen beider Körper nach 6 Monaten, 4′4 die Stellungen nach 8 Monaten, und so liesse sich leicht weiter zeichnen. Dagegen in der epicyklischen Zeichnung würde man sagen: 4 Monate nach dem ersten Zeitpunkte sei der Mittelpunkt des Epicykels nach gelangt, so dass der Epicykel selbst, wenn wir ihn als im Weltraume gezeichnet denken, nun die Stellung 0″2 hätte; auf ihm ist der Planet nach 2 gelangt, weil er in 4 Monaten auf dem Epicykel von 0″ an 120 Grade durchlaufen hat; der Planet steht also nach diesem Systeme in 2 und die Erde in E, und da die Linie E 2 ebenso lang als die wahre Distanz 2′ 2 in der ersten Figur ist und auch die scheinbare Fortrückung, nämlich der Winkel 2 E a ebenso gross als bei der dem wahren Weltsysteme gemässen Zeichnung, so geben die Erscheinungen nicht so unmittelbar einen Grund, die Epicykeln zu verwerfen.

Für den vierten Zeitpunkt nach 6 Monaten nimmt die epicyklische Zeichnung den Mittelpunkt des Epicykels in d an, weil aber in 6 Monaten der Planet den halben Epicykel durchläuft, so ist er auf dem Epicykel 0‴ h h 3 nach 3 gelangt und E 3 stellt seinen Abstand von der Erde und seine scheinbare Lage richtig dar. Im fünften Zeitpunkt

nach 8 Monaten versetzen wir des Epicykels Mittelpunkt nach e, den ganzen Epicykel nach 0''''kk4, und von eo'''', welche mit ao parallel ist, an hat der Planet 280 Grade bis nach 4 durchlaufen, so dass E4 seine Stellung gegen die Erde E zeigt.

Aus diesen Betrachtungen erhellet, dass diese epicyklische Theorie die Erscheinungen darstellt; und so lange man also die Ruhe der Erde als etwas, woran nicht gezweifelt werden könne, annahm, war es begreiflich, dass man diese Theorie als die richtige ansehen konnte. Für uns freilich, die wir nach den Kräften fragen, welche jenen leeren Mittelpunkt um die Erde herumführen und nach den Kräften, welche jener leere Mittelpunkt besitzt, um den Körper auf dem Epicykel zu erhalten, für uns kann ein solches System durchaus nicht mehr haltbar erscheinen. Ja selbst Copernicus, der nach diesen Kräften noch nicht fragte, sah sehr richtig ein, dass man nur das einzige, durch gar nichts begründete Vorurtheil, dass die Erde unbeweglich sei, aufzugeben brauche, um ein unstreitig viel einfacheres Weltsystem, wo alle Planetenbewegungen die Sonne zum Mittelpunkte haben, zu erhalten.

Epoche bezeichnet in der Astronomie den Zeitpunkt, auf welchen sich eine Angabe des Ortes eines Himmelskörpers bezieht. Wenn es z. B. heisst: die Epoche der mittleren Länge des Merkur ist der Anfang des Jahres 1800, so will dies nichts anderes bedeuten als: im Anfange des Jahres 1800 besass Merkur die und die mittlere Länge. Die Epoche gehört daher zu den Bahnelementen der Planeten, also zu den Bestimmungsstücken, die man nothwendig kennen muss, um sich über die Bewegung und den Ort des Planeten jederzeit Rechenschaft geben zu können.

Eratosthenes, berühmter Mathematiker, geb. 276 v. Chr. zu Cyrene in Afrika, gest. 195 v. Chr. zu Alexandrien, indem er sich, weil erblindet, durch Enthaltung aller Nahrung den Tod gab. Er erfand und führte zuerst das Princip der Gradmessung praktisch aus, indem er den Bogen am Himmel über zwei Endpunkten einer gemessenen linearen Entfernung bestimmte und daraus auf den ganzen Erdumfang schloss. Das von ihm gefundene Resultat (s. Gradmessung) ist natürlich unbrauchbar, wie es nach der Mangelhaftigkeit der Hülfsmittel nicht anders sein konnte.

Erdaequator, siehe Aequator der Erde.

Erdaxe nennt man die imaginäre gerade Linie, welche die beiden Umdrehungspole der Erde mit einander verbindet. Die Erdaxe ist also keineswegs wie Manche annehmen zu müssen glauben, eine wirkliche Linie, sondern nur eine eingebildete, mathematische. Die Erdaxse steht nicht senkrecht auf der Erdbahn, sondern macht mit der Ebene derselben einen Winkel von 66° 32'; die Ergänzung dieses Winkels zu 90°, oder das Complement desselben ist die Schiefe der Ekliptik (s. d.). Bei der jährlichen Bewegung der Erde im Raume verändert die Erdaxe ihre Richtung nicht, sondern sie bewegt sich mit sich selbst parallel fort. Dagegen zeigt die Lage der Erdaxe kleine Schwankungen innerhalb einer Periode von 18½ Jahren, welche man Nutation nennt

und worüber man das Nähere in dem hierüber handelnden Artikel findet. Die Länge der Erdaxe beträgt $1712^{9}/_{10}$ geogr. Meilen.

Man hat zur Erklärung verschiedener geologischer Erscheinungen früher bisweilen angenommen, dass die Erdaxe im Laufe der Jahrtausende ihre Lage in Beziehung auf die Oberfläche der Erde verändert habe, dass also ihre Endpunkte, die Umdrehungspole, nicht immer auf der Erdoberfläche an ihrer gegenwärtigen Stelle gewesen wären. Diese Annahmen sind durchaus unzulässig. Nachdem die Erde einmal aus einer weichen Masse erstarrt war und ihre gegenwärtige abgeplattete Gestalt angenommen hatte, konnte die Erdaxe ihre Lage nicht mehr bedeutend ändern. Bessel hat berechnet, dass man das ganze Himalayagebirge hoch in den Norden hinauf transportiren müsste, um die Lage der Erdaxe auch nur um wenige Secunden zu verändern. Die Geologen müssen sich daher nach andern Ursachen umsehen, um die Erscheinungen zu erklären, welche sie mit einer veränderten Axenlage des Erdballes in Verbindung gebracht haben.

Erde heisst der von uns Menschen bewohnte Planet, der unter den übrigen Wandelsternen im Sonnensysteme eine mittlere Stellung einnimmt, sowohl was seine Entfernung von der Sonne als seine Grösse, Dichtigkeit, Abplattung und Begleitung durch einen Mond anbelangt. Denn Merkur und Venus stehen der Sonne näher, Mars, Jupiter, Saturn etc. sind weiter von ihr entfernt; Merkur, Mars und Venus sind kleiner, Jupiter, Saturn u. s. w. grösser, Merkur ist dichter, Jupiter, Saturn und Uranus besitzen ein reicheres Mondsystem als die Erde.

Die Entfernung der Erde von der Sonne beträgt genau innerhalb der Grenzen der Unsicherheit dieses Resultats 20,000,000 geogr. Meilen. Doch ist diese Entfernung nur die mittlere, indem die Bahn der Erde um die Sonne kein Kreis, sondern eine, wenn auch nur wenig excentrische Ellipse ist. Näheres über die Bahnverhältnisse s. Elemente der Planetenbahnen.

Die Erde besitzt im allgemeinen eine kugelförmige Gestalt, wie schon die alten griechischen Philosophen wussten, welche Kenntniss indess mit dem Verfalle der Wissenschaften der Art gänzlich verschwand, dass man die Erde bald für eine runde Fläche, bald für eine Art auf dem Wasser schwimmender Scholle hielt. Beweise für die Kugelgestalt der Erde giebt es verschiedenartige. Hierhin gehört z. B. die Thatsache, dass dieselbe seit dem Jahre 1519 häufig und in den verschiedenartigsten Richtungen ist umschifft worden; ferner die Erscheinung, dass Schiffe auf dem Meere, welche sich von dem Beobachter genügend entfernen, nach und nach unter den Horizont herabsinken, der Art, dass zuerst der Schiffskörper und zuletzt die Mastspitzen unsichtbar werden. Nicht minder erblickt man auch von einem Schiffe aus, das sich vom offenen Meere her der Küste nähert, zuerst die Spitzen der höchsten Punkte des Landes und erst nach und nach die tiefer liegenden Gegenstände. Bewegt man sich auf der Erdoberfläche von Norden nach Süden, so steigen immer andere Gestirne über den Gesichtskreis herauf, während die früher sichtbaren sich dem nördlichen Horizonte nähern und schliesslich unter denselben herabsinken. Diese

Veränderung aber findet in demselben Maasse statt als der Beobachter seinen Standpunkt in der Richtung von Norden nach Süden verändert. Bei Mondfinsternissen erscheint der Schatten der Erde auf der Mondscheibe stets als Theil eines Kreises, nicht minder erblickt man mit blossem Auge die Gestalten der Sonne und des Mondes rund und das Fernrohr zeigt dasselbe für die Planeten, also wie es die Gestalt der Kugel erfordert. Die Analogie lässt also auch hier auf eine ähnliche Gestalt der Erde schliessen. Alle diese Beweise, die sich leicht vermehren liessen, zeigen mit Evidenz, dass die Erde im Grossen und Ganzen die Gestalt einer Kugel besitzt. Genauere Messungen, worüber das Nähere in dem Artikel Gradmessungen, ergeben aber auch, dass die Gestalt der Erde nicht ganz genau diejenige einer Kugel ist, sondern dass sie vielmehr an zwei diametral entgegengesetzten Punkten — den Umdrehungspolen — um einen geringen Betrag abgeplattet ist. Diese Abplattung der Erde ist übrigens so unbedeutend, dass sie bei einer bildlichen Darstellung gar nicht berücksichtigt zu werden braucht, denn sie beträgt nur $^1/_{289}$, um welchen der Polardurchmesser der Erde kleiner ist als der aequatoreale. Der Aequatordurchmesser der Erde beträgt $1718^9/_{10}$, der Polardurchmesser $1712^9/_{10}$, der Umfang des Aequators 5400 geogr. Meilen. Die gesammte Erdoberfläche umfasst $9{,}260510^1/_2$ Quadratmeilen, der körperliche Inhalt 2649,900000 Kubikmeilen. Berücksichtigt man die mathematische Eintheilung der Frdoberfläche in Zonen, die als heisse, gemässigte und kalte schon in den Anfangsgründen der Erdbeschreibung unterschieden werden, so erhält man für die

Oberfläche	der heissen Zone	3,678,250	geogr. Q.-Meilen,
„	jeder gemässigten Zone	2,403,991	„
„	„ kalten Zone . . .	387,139	„

Die mittlere, d. h. durchschnittliche Dichtigkeit der Erde ist 5- bis 6mal grösser als diejenige des Wassers. Da nun an der Erdoberfläche im Durchschnitt Körper von so grosser Dichtigkeit nicht vorkommen, so muss das Erdinnere, besonders gegen den Mittelpunkt hin, ungemein dicht sein.

Für die Erdoberfläche dient zur geogr. Ortsbestimmung seit Alters ein rechtwinkeliges Coordinatensystem. Wenn hierbei für die geographische Breite, d. h. für den Winkel zwischen einem gegebenen Orte und dem Aequator keiner Unbestimmtheit Raum gelassen ist, so gilt dies, der Natur der Sache nach, nicht von der andern Coordinate, welche die geographische Länge bezeichnet. Einen allgemeinen Anfangspunkt der Zählung giebt es hier ebenso wenig als eine einzige Richtung, nach welcher hin die Meridiane gezählt werden. Es ist diese Unbestimmtheit schon mehrfach eine Quelle bedauerlicher Irrthümer geworden und verdiente um so eher beseitigt zu werden, als die heutige wissenschaftliche Geographie ein so unermessliches Gebiet zu bearbeiten hat, dass jede Vereinfachung, die möglich ist, geboten erscheint. Die hauptsächlichsten Meridiane, von denen aus als Anfangspunkten man zu zählen pflegt, sind, bezogen auf den in Deutschland üblichen Meridian von Ferro, folgende:

Paris . . .	20°	0′	0″	östl. von Ferro,
Greenwich . .	17	59	47	„ „ „
Berlin . . .	31	3	3	„ „ „

Auf einer Kugel ist die lineare Länge eines Breitengrades je nach dem Abstande vom Aequator verschieden, die Grösse eines Längengrades dagegen allenthalben dieselbe. Bei einem elliptisch geformten Körper, einer abgeplatteten Kugel (genauer einem Sphäroid) wie die Erde, sind aber auch die Längengrade verschieden gross, je nach ihrem Abstande vom Aequator, und zwar nimmt die Länge mit wachsender geographischer Breite zu. Für die Erde ist z. B. die lineare Ausdehnung des Längengrades um 595,6 Toisen oder um $^1/_2$ geogr. Meile unter den Polen grösser als am Aequator.

Die Erde dreht sich in 24 Stunden einmal um sich selbst, wodurch die Abwechslung von Tag und Nacht entsteht. Bei dieser Umdrehung bleiben zwei Punkte ihrer Oberfläche in Ruhe, die Pole, und ebenso jeder Punkt in der Linie, welche man sich von einem zum andern Pole durch die Erde gezogen denkt und welche Erdaxe genannt wird. Die Gesammtlänge von Tag und Nacht ist praktisch unveränderlich, denn sie verlangsamt sich nach den Untersuchungen von Adams in 200,000 Jahren kaum um die Dauer von einer einzigen Secunde.

Die Erdaxe steht keineswegs rechtwinkelig auf der Ebene der Erdbahn oder der Ekliptik, sondern bildet mit dieser einen Winkel von im Mittel 23° 27′ 22″. Dieser Werth gilt jedoch nur für die Mitte des Jahres 1870, denn jener Winkel, den man die Schiefe der Ekliptik nennt, nimmt alljährlich um etwa $^1/_2$″ ab, wird jedoch niemals bis auf 0° sich vermindern, d. h. niemals wird die Erdaxe senkrecht auf der Erdbahn stehen. Wäre dieses der Fall, so würde für jeden Ort der Unterschied der Tageslängen und der Jahreszeiten aufhören, die Sonne würde beständig im Himmelsaequator stehen und Tag und Nacht stets je 12 Stunden dauern. Es würde also in dieser Beziehung gewissermassen ein ewiger Frühling herrschen, dessen Temperatur freilich für uns ziemlich niedrig ausfallen würde.

Da die Unterschiede der Tageslängen von der Schiefe der Ekliptik abhängen, so müssen sie auch gleichzeitig für Orte auf der Erdoberfläche, welche verschiedene geographische Breiten besitzen, verschieden sein.

Bei Betrachtung des Erdkörpers im allgemeinen treten uns sofort drei Daseinsformen der Materie entgegen: die starre, die tropfbarflüssige und die elastisch-flüssige oder nach ihren Repräsentanten: die feste Erde, das Wasser und die Luft.

Das feste Land nimmt dem Areale nach nur einen kleinen Theil der Planetenoberfläche ein, doch lässt sich dieser Flächeninhalt gegenwärtig noch keineswegs mit aller wünschenswerthen Genauigkeit angeben. Man kann annehmen, dass 0,27 der Erdoberfläche von Land, 0,73 von Wasser bedeckt sind.

Das Festland besteht aus mehreren zusammenhängenden grösseren Theilen, den Continenten, und einer Menge kleiner und kleinster, den Inseln.

In Beziehung auf die Umdrehungspole ist das Land keineswegs symmetrisch vertheilt. Die Hauptmasse ($^3/_4$ des Ganzen) liegt in der nördlichen Hemisphäre, während die südliche nur einen kleinen Bruchtheil ($^1/_4$) desselben aufzuweisen hat.

Wird der Erdkörper in eine südwestliche und eine nordöstliche Halbkugel abgegrenzt, so erscheint die erstere fast gänzlich oceanisch, die andere vorwiegend mit Continentalmassen angefüllt.

Man unterscheidet conventionell das Festland in 5 Haupttheile:

Europa	mit	einem	Areal	von	180,000	Q.-M.
Asien	„	„	„	„	800,000	„
Afrika	„	„	„	„	550,000	„
Amerika	„	„	„	„	670,000	„
Australien	„	„	„	„	160,000	„

Diese Eintheilung entspricht keineswegs der Natur. Ebensowohl wie die sogenannte alte Welt, Europa, Asien und Afrika, ein einziges Ganze bildet, selbst dann noch, wenn die sandige Landenge von Suez durch die schwellenden Wasser des rothen Meeres wäre überfluthet worden; ebensowohl bildet das meridianartig gestreckte Festland der neuen Welt zwei charakteristisch unterschiedene Continente, die durch die schmale Landenge von Panama mit einander verbunden sind. Heute, wo die wissenschaftliche Geographie von den höchsten Gesichtspunkten aus die Erdoberfläche überschaut, können Landengen und Meeresstrassen allein nicht mehr als bedingendes Moment der Verknüpfung oder Trennung ganzer Continente erscheinen. Flora und Fauna, Klima und geognostische Beschaffenheit, ja selbst zahlreiche Meeresströmungen trennen den Austral-Continent (Neuholland) und Neu-Guinea ebenso entschieden von Südostasien, wie sie andererseits Neuseeland und die Inseln des grossen Oceans eine völlig selbständige Stellung einräumen, die gleichwohl von den Geographen bisher noch nicht anerkannt wurde. Der geistreiche Darwin hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die Inselreihen der unermesslichen Südsee die Reste eines grossen ehemaligen Continents sind. Damals hat Australien vielleicht zu diesem in einem analogen Verhältnisse gestanden, wie Madagaskar zu Afrika oder Grönland zu Nordamerika. Heute haben sich diese Verhältnisse freilich sehr verändert. In dem verwickelten Spiele der physikalischen Kräfte haben sich verschiedene Combinationen vorwiegend geltend gemacht; Australien erscheint als meist ödes, wie mit dem Fluche beladenes Land, die Südsee-Inseln, vor allen das herrliche, zukunftreiche Neuseeland, dagegen als durchweg gesegnete Eilande.

Vom geographisch-physikalischen Standpunkte aus hätte man demnach folgende General-Eintheilung des über dem Wellenspiegel erhabenen Festlandes aufzustellen:

die alte Welt (Europa, Asien, Afrika),
Nord-Amerika,
Süd-Amerika,
Australland,
Polynesien.

Die gegenseitige Lage der Continente, ihre Ausdehnung, Gestalt, horizontale wie verticale Gliederung, sowie ihre Stellung gegen Pole und Aequator sind von der grössten Wichtigkeit für das ganze sich auf ihnen entwickelnde Culturleben. Man denke sich Europa um 30 Breitengrade nach Süden oder Norden versetzt, ja selbst ganz fehlend, sodass die Meridiankette des metallreichen Uralgebirges die Ostküste des atlantischen Meeres bildete, so würde die culturhistorische Bildung des Menschengeschlechts einen durchaus andern Verlauf genommen haben, der allgemeinen Bildung und Gesittung weit weniger günstig. Man lasse eine Sandwüste den Raum des Mittelländischen Meeres ausfüllen und nie würden griechische Wissenschaft und Kunst, nie römische Kraft die Welt beherrscht haben.

Aus diesen Bemerkungen schon erhellt zur Genüge die hohe Wichtigkeit der physikalischen Topographie unserer Planetenoberfläche sowohl hinsichtlich der horizontalen als verticalen Gliederung.

Als allgemeines Kriterium der günstigen oder ungünstigen horizontalen Configuration betrachtet man die Küstenentwicklung. Mit Recht ist dasjenige Land als vorzugsweise zur Blüthe bestimmt anzusehen, dessen einzelne Theile in möglichst inniger Berührung mit den Wogen des freien Meeres stehen. Die neuere geographische Wissenschaft, wie die ganze Culturgeschichte, zählen die Belege auf für die unbestreitbare Richtigkeit dieser Annahme.

Nach den älteren Anschauungen specificirt man die Bezeichnung Küstenentwicklung als das Verhältniss der Küstenlänge zum Flächeninhalte, jedoch mit Unrecht, wie zuerst Dr. Keber nachgewiesen hat. Statt nach dem alten Verfahren unstatthafter Weise Flächen mit Linien vergleichen zu wollen, schlug Dr. F. Bothe vor, den Quotienten aus der Quadratwurzel durch die Grenzlänge des Flächeninhalts als Küstenentwicklung anzusehen, ein Vorschlag, der durchaus begründet ist.

Nach den beiden Methoden erhält man für die Küstenentwicklung folgende Werthe:

a) nach der älteren Methode:

Europa	37 (d. h. auf 37 Q.-M. 1 M. Küstenentw.),
Asien	105,
Afrika	163,
Nord-Amerika .	50,
Süd-Amerika .	94,
Australien . . .	78,

b) nach Bothe's Methode:

Europa	10,750,
Asien	8,555,
Afrika	4,816,
Nord-Amerika .	10,423,
Süd-Amerika .	6,001,
Australien . . .	5,114.

Man sieht sofort, dass die unter b angegebenen Zahlen das Verhältniss der horizontalen Gliederung der Erdtheile ungleich besser darstellen, wie jene unter a bezeichneten.

Neben der horizontalen erscheint die verticale Gliederung der Continente als wichtiges bedingendes Moment in der Entwicklung des Culturlebens. Sie bewirkt das wundervolle Zusammendrängen der verschiedenartigsten klimatischen und vegetativen Verhältnisse auf dem kleinsten Flächenraume, eine Erscheinung, deren Wichtigkeit vor Humboldt schon dem Scharfblicke des grossen Haller nicht entgangen war. Wenn man im mittleren Europa nordwärts schreitet, so nimmt im allgemeinen die mittlere Jahrestemperatur nach meinen Untersuchungen für jeden Breitengrad um 0,63° C. ab. Gleicher Weise ergiebt sich, dass dieselbe Temperatur sich um 1° C. vermindert für jede 117,6 Meter Erhebung über den Boden. Es entspricht demnach eine Erhebung von 74,1 Meter bezüglich der mittleren Jahreswärme einer nördlicheren Versetzung um 1 Breitengrad. Hieraus ergiebt sich die Möglichkeit, in sehr bedeutenden Höhen selbst der heissen Gegenden die Temperatur der Polarregionen wiederzufinden, eine Möglichkeit, welche sich in der That realisirt findet. Diejenige Höhenlinie, über welche hinaus der Schnee das ganze Jahr hindurch liegen bleibt, ohne ganz abzuschmelzen, die sogenannte Schneelinie senkt sich im allgemeinen von den aequatorealen Regionen beiderseits gegen die Pole herab. Humboldt bezeichnet als Schneegrenze diejenige Linie, auf welcher die mittlere Temperatur des ganzen Jahres gleich Null ist; neuerdings hat indess Renau gezeigt, dass es richtiger ist, in dieser Beziehung statt des ganzen Jahres die sechs wärmeren Monate zu wählen.

Die Erhöhungen der Erdoberfläche werden als Hügel, Berge, Gebirgsketten und Hochebenen (Plateaux) unterschieden und die geographische Meteorologie entwickelt näher, in welcher Weise das Vorhandensein hoher und mächtiger Gebirge das Klima der umliegenden Regionen modificirt, wie es eine charakteristische Eigenthümlichkeit weit ausgedehnter Hochflächen ist, die Temperatur-Extreme zu vergrössern. Ueberhaupt zeichnet sich das feste Land durch die Gegensätze von heissen Sommern und kalten Wintern, d. h. durch das, was man continentales Klima nennt, aus, gegenüber dem Meere, welches die Extreme zu nähern, die Abweichungen der einzelnen Jahreszeiten vom Temperaturmittel zu verringern strebt (Seeklima).

Den Gegensatz zu den Erhebungen, den Gebirgen und Hochflächen, bilden die Tiefländer oder Tiefebenen, wenngleich man sich zu hüten hat, den Begriff der Ebene im allgemeinen mit demjenigen der Tiefebene zu verwechseln. Im Ganzen liegen Tiefebenen niemals unter dem Spiegel des Meeres, auf dessen Oberfläche alle Höhenbestimmungen bezogen werden. Nur wenige, ziemlich engbegrenzte Strecken im Innern der Continente liegen tiefer als der Meeresspiegel. Man darf sie als den Grund ehemaliger Landseen betrachten.

Das Wasser bildet als zusammenhängende oceanische Masse den grössten Theil der Erdoberfläche. Im Innern der Continente finden sich meist nur kleinere stehende Ansammlungen desselben, die Landseen. Hier tritt es hingegen meist fliessend in Form von Quelle, Bach

oder Fluss auf und vereinigt sich nach mehr oder weniger langem Laufe mit dem Oceane, seltener mit einem Land- oder Binnensee.

Meer und Fluss stehen in ununterbrochener Wechselwirkung. Die Fluthen, welche sich als Strom in den Ocean ergiessen, kehren in anderer Gestalt, im dunstbeladenen Gewölk wieder zum Festlande zurück und senken sich hier in Form von Regen, Schnee oder Hagel herab, um denselben Kreislauf auf's Neue durchzumachen.

Wo das Meer tief in ein Festland einschneidet, bildet es eine Bucht, Bai oder Golf, während die Durchbrüche, mittels deren zwei Meerestheile mit einander in Verbindung stehen, als Strassen, Canäle oder Meerengen bezeichnet werden.

Die continentalen und oceanischen Gewässer unterscheiden sich hauptsächlich durch den letzteren zukommenden Salzgehalt und das hierdurch vergrösserte specifische Gewicht. Doch ist der Salzgehalt keineswegs in allen Theilen des Meeres gleich. Am geringsten ist er dort, wo bedeutende Ströme ihre Fluthen in ein Binnenmeer ergiessen, das nur durch schmale Canäle mit den Oceanen communicirt; am grössten fand ihn Lenz im stillen Oceane unter 25° nördl. und 17° südl. Breite, eine Thatsache, die der genannte Physiker aus der Einwirkung der Passatwinde erklärt. Doch scheint der indische Ocean noch salzreicher zu sein.

Obwohl die Meerestemperatur mit wachsender Breite abnimmt, so ist diese Abnahme doch viel langsamer und gleichförmiger als die entsprechende des Festlandes, und in der Nähe des Aequators erhält sich die Wasserwärme des Oceans Jahr aus Jahr ein so constant, dass mit Recht (von Arago) darauf hingewiesen worden ist, es könnten uns Temperaturbeobachtungen der aequatorealen Meere im Verlaufe der Jahrhunderte Auskunft darüber geben, ob die Sonne allzeit der Erde die gleiche Wärmemenge zuschickt. Im Durchschnitt erscheinen die Meere der nördlichen Halbkugel etwas wärmer als unter gleichen Breiten diejenigen der australen Hemisphäre.

Die Tiefe der Meere ist ungemein verschieden. Während die See an einzelnen Stellen in weitester Erstreckung ungemein seicht ist, zeigt das Loth an andern Punkten bisweilen Tiefen an, welche die Erhebungen der höchsten Berge weitaus übertreffen. Doch bedürfen die bedeutendsten Tiefen-Angaben noch dringend der Bestätigung, da man neuerdings, und nicht mit Unrecht, einiges Misstrauen in die Genauigkeit der Messungen (wegen der dabei angewandten unvollkommenen Apparate) zu setzen begonnen hat. So viel scheint indess festzustehen, dass die älteren Annahmen zahlreicher und plötzlicher Uebergänge von Seichtigkeit und unergründlicher Meerestiefe innerhalb kleiner Flächenräume unbegründet sind.

Das Niveau der Oceane ist im allgemeinen allenthalben gleich, doch können örtliche Ursachen, Winde, Strömungen, eigenthümliche Küstenbildungen etc. eine zeitweise Verschiedenheit der Niveauhöhe zweier benachbarter Meere hervorrufen. Die Störung des Gleichgewichts an der Oberfläche in Folge der Winde ist Ursache der Wellenbewegung, welche entweder brandend an steilen, felsigen Küsten zurückprallt,

oder auf offener See lang, mächtig, gemessen, und mehr durch horizontale Ausdehnung als durch die Höhe (die nie über 30'—35') imponirend, vor sich geht.

Die Meeresströmungen (erkennbar durch Thermometer, Logge und Sextant) können als Flüsse im Oceane bezeichnet werden, deren Ufer von den ruhenden Wassermassen gebildet sind. Ihre Entstehungsursachen sind verschieden. Bald treten sie auf als Folge der Umdrehung des Erdsphäroids um seine Axe, oder der ungleichen Erwärmung verschiedener oceanischer Theile, bald auch werden sie durch die Configuration der Küsten bedingt. Diese Strömungen spielen eine wichtige Rolle im Naturleben unseres Planeten, theils indem sie wärmeausgleichend wirken und erhöhtes vegetatives Leben an Orten hervorrufen, wo es ohne sie nicht in solchem Maasse sich entwickeln würde; theils auch indem sie die culturische Verbindung verschiedener Erdregionen erleichtern und vermitteln.

Ebbe und Fluth (s. d.), die Erscheinung der zweimal täglich sich hebenden und senkenden Gewässer des Meeres, kommt durch die Einwirkung des Mondes und der Sonne zu Stande. Die Dauer der Periode, innerhalb deren zwei Fluthen und zwei Ebben stattfinden, ist $24^h\ 50^m$ oder gleich dem Mondtage. In ihrer ganzen Regelmässigkeit und Erhabenheit tritt das Phänomen nur in ausgedehnten, freien und tiefen Meeren auf. Die Maximalwirkung tritt dann ein, wenn Sonne und Mond zusammen durch den Meridian gehen, sich im Aequator und gleichzeitig in der Erdnähe befinden. Das sind die Springfluthen, deren mit Schrecken der Anwohner der durch Dämme gegen die See geschützten Niederungen gedenkt.

Vom Aequator gegen die Pole hin verliert das Phänomen der „Gezeiten" an Ausdruck und ist unter den Angelpunkten der Erde ganz unmerklich.

Eine Eigenthümlichkeit des Meeres ist sein phosphorisches Leuchten, besonders in den tropischen Regionen, obgleich auch den mehr polwärts belegenen Meerestheilen die Erscheinung keineswegs, wie man früher glaubte, ganz fehlt. Dieses Leuchten des Oceans entsteht durch Lichterzeugung niedriger Thiere (meist Infusorien) während ihres Lebens, doch sind auch ihre organischen Reste nicht selten noch eine kurze Zeit hindurch lichtausstrahlend.

Die continentalen Gewässer erscheinen (mit Ausnahme der abflusslosen Landseeen) als fliessende, die als Quellen zu Tage treten, sich zu Bächen und Flüssen vereinigen und als solche dem Meere zuströmen. Nur selten versiegt der Strom als Steppenfluss fern vom Oceane im heissen Sande oder mündet aus in ein kleines Becken, das verdunstend seine Gewässer verschlingt.

Sämmtliche Gewässer, die sich nach einem gewissen besondern Laufe schliesslich in einem Flussbette vereinigen und so das Meer aufsuchen, bilden ein Flusssystem und die Fläche, welche zwischen den einzelnen Quellen und der gemeinsamen Mündung liegt, ist das Flussgebiet. Der Ausfluss oder die Mündung ist entweder einheitlich oder mehrfach. Mehrere Arme, in welche sich der Fluss

vor seiner Mündung trennt und die einen spitzen Winkel einschliessen, bilden ein Delta. Nicht selten auch erweitert sich die Mündung meerbusenartig, eine Erscheinung, die besonders schön beim Laplata in Südamerika auftritt. Wenn sich bogenartig in gewissem Abstande um die Mündung Sanddünen lagern und so eine Art Binnensee bilden, der auf der Meerseite nur durch einen schmalen, alluvialen Damm von der See geschieden ist und mit dieser durch einen flussartigen Kanal communicirt, so erscheint das Haff.

Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Fluss seine Wasser dem Meere zuführt, hängt hauptsächlich von seinem Gefälle, der Neigung seines Bettes gegen die Horizontale, ab. Die Grösse des Gefälles wird ausgedrückt durch den Quotienten aus der Länge in die Senkung einer gewissen Strecke des Flussbettes. Diese Grösse variirt meist ungemein. Sie ist durchgängig am bedeutendsten im Oberlaufe des Flusses, der hier nicht selten sein Wasser auch noch über Katarakte und Stromschnellen brausend hinwegführt.

Eine bewerkenswerthe Thatsache ist die von Baer zuerst bekannt gemachte laterale Verschiebung der Betten meridionalfliessender Ströme. Diese Frscheinung, die besonders klar bei den russischen Flüssen auftritt, findet ihre Erklärung in der ostwärts gerichteten Rotationsbewegung der Erde. Auf der nördlichen Halbkugel muss aus diesem Grunde bei Flüssen, die nahezu in der Meridianrichtung strömen, das rechte Ufer das angegriffenere steilere sein, auf der südlichen Hemisphäre aber das linke, abgesehen natürlich von localen Einflüssen, welche die Erscheinung mehr oder minder modificiren können.

Die Luft oder Atmosphäre (s. d.) ist höchst wahrscheinlich ein Gemenge (keine chemische Verbindung) verschiedener Gase. Die wesentlichsten Componenten derselben sind Sauerstoff- und Stickstoffgas, die dem Volumen nach in dem sehr nahe constanten Verhältnisse von 20,8 : 79,2 zu einander stehen. Wechselvoller ist der Gehalt der Atmosphäre an Kohlensäure, deren Menge mit der Höhe bis zu einer gewissen Grenze zu wachsen scheint, sowie endlich an Ammoniak und besonders an Wasserdampf.

Die Atmosphäre umhüllt den Erdball in Form eines Sphäroids, dessen Abplattung aus theoretischen Gründen grösser sein muss als diejenige des Planeten selbst. Ihre Dichtigkeit, die unmittelbar am Boden ein Maximum erreicht, nimmt mit wachsender Höhe im Verhältnisse der Kraft, mit der sie zusammengedrückt wird, ab. Im Allgemeinen vermindert sich die Dichte der Atmosphäre in geometrischer Progression, während die Höhe in arithmetischer steigt; doch erleidet diese Grundregel die mannichfachsten Modificationen in Folge des ungleichartigen Temperaturwechsels in verschiedenen Höhen.

Auf der Messung des Luftdrucks in verschiedenen Höhen beruht die barometrische Höhenmessung, welche für Erforschung der hygrometrischen Verhältnisse des Erdreliefs von grösster Wichtigkeit, wenngleich erheblich minder genau als die trigonometrische Höhenmessung erscheint.

Die Atmosphäre ist der Schauplatz der meteorologischen Erschei-

nungen, welche für die wissenschaftliche Geographie von höchster Bedeutung sind, indem hauptsächlich sie den physiognomischen Charakter eines Landes mitgestalten helfen und mächtig, wenn auch indirect, auf die Entwicklung des dasselbe bewohnenden Volkes einwirkt.

Störungen im Gleichgewichte der Luft rufen die Winde hervor, die man nach ihrer Schnelligkeit und Stärke in gewöhnliche Winde, Stürme und Orcane unterscheidet und dabei die Himmelsgegend bezeichnet, aus der sie wehen. Von grösster Wichtigkeit sind die Passatwinde, deren Entstehungsursache und Richtung, wie zuerst Halley und Hadley nachgewiesen, in der erwärmenden Kraft der Sonne und der Rotation der Erde zu suchen sind. Nördlich vom Aequator weht (in den unteren Regionen) auf freiem Meere der Nordostpassat, ihm entgegen auf der südlichen Hemisphäre der Südwestpassat. Beide strömende Luftmassen treffen sich in der Gegend des Erdgleichers, stauen sich und bilden die Region der Calmen, die, der Sonne folgend, alljährlich nach Norden und Süden hin oscillirt. Im Winter ist die Breite dieser Region 3,3°, im Sommer 8°. Die Grenzen derselben liegen im Atlantischen Oceane im Winter unter 5° 45′ und 2° 25′ n. Br., im Frühling unter 5° 47′ und 1° 45′ n. Br., im Sommer unter 11° 20′ und 3° 15′ n. Br., im Herbst endlich unter 9° 55′ und 3° 15′ n. Br. Im grossen Oceane dagegen liegt die Calmenregion durchschnittlich weit südlicher, zu beiden Seiten des Aequators.

Die Monsuns, welche hauptsächlich im indischen Meere wehen, stellen sich in den Monaten October bis April als constante Nordoste ein und gehen dann unter furchtbaren Stürmen (Taifoons) in die entgegengesetzte Richtung über, welche sie während der übrigen Monate des Jahres einhalten.

Die Temperatur der Atmosphäre in ihren untersten Schichten spielt eine wichtige Rolle bei den klimatischen Verhältnissen der einzelnen Länder. Die Lufttemperatur wird gemessen durch ein in geringer Höhe über dem Boden (meist gegen Nord) angebrachtes Thermometer.

Verbindet man nach Humboldt's Vorgange diejenigen Punkte der Erdoberfläche mit einander, welche gleiche mittlere Jahrestemperatur besitzen, so erhält man dasjenige System von Linien, das in der geographischen Meteorologie mit dem Namen der Isothermen benannt wird. Diese Linien stellen unregelmässige, keineswegs den Breitenkreisen parallele Curven dar, deren Verlauf durch die Configuration der Küsten, der horizontalen und verticalen Verhältnisse der Continente bedingt ist.

Werden in gleicher Weise alle Orte von gleicher mittlerer Wintertemperatur durch Linien mit einander verbunden, so erhält man das System der Isochimenen, während die Isotheren alle Punkte von gleicher mittlerer Sommertemperatur mit einander verbinden.

Kein einziges unter diesen Liniensystemen ist dem andern in Bezug auf die Krümmungen seiner Curven ähnlich.

Wegen der Abnahme der Lufttemperatur mit wachsender Höhe dürfen bei Entwerfung der vorstehend bezeichneten Wärmelinien keineswegs die unmittelbaren Beobachtungen zum Grunde gelegt werden, son-

dern es ist an diese vorher noch eine Correction anzubringen, welche sämmtliche Orte auf das Meeresniveau reducirt.

Die Linie, welche die Orte grösster mittlerer Jahrestemperatur verbindet, der thermische Aequator, läuft dem Erdaequator keineswegs parallel, vielmehr liegt er zwischen 135° westl. und 122° östl. Länge von Ferro, nördlich über demselben. Seine mittlere Temperatur ist nach Berghaus + 28,4° C.

Mahlmann's Untersuchungen scheinen freilich anzudeuten, dass ein eigentlicher Wärmeaequator als continuirliche Linie rings um die Erde nicht existirt. Stellenweise findet man zwei Linien grösster Luftwärme, die eine nördlich, die andere südlich vom Gleicher. Neuere Untersuchungen müssen das Problem entscheiden. Die absoluten Maxima der Temperatur sind beobachtet worden zu Assuan mit 51,7° C., zu Suez mit 52,5° C., zu Mursuk mit 56,2° C.

Da die Wärme in den aequatorealen Gegenden ein Maximum erreicht und von hier beiderseits gegen die Pole hin abnimmt, so ergiebt sich von selbst, dass in den Polargegenden beiderseits Orte grösster Kälte, Kältepole, existiren müssen. Dieselben fallen wahrscheinlich mit den Umdrehungspolen nicht genau zusammen, wenngleich ihre Fixirung, selbst in der Nordhemisphäre, ein nur theilweise gelöstes Problem ist.

Brewster hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass die Isothermen im hohen Norden die ungefähre Form einer Lemniskate annehmen, deren beide Mittelpunkte die Kältepole bezeichnen. Der eine derselben liegt in Sibirien nahe beim Kap Taimyr (nach Brewster's Bestimmung in 79,5° n. Br. und 140° ö. L. v. F.), der andere dagegen in Nord-Amerika (unter 78° n. Br. und 77° w. L. v. F.). Die mittlere Temperatur des asiatischen Kältepoles beträgt nahe — 17,2° C., diejenige des amerikanischen etwa — 19,7° C. Merkwürdiger Weise fällt der amerikanische Kältepol fast gänzlich mit dem magnetischen Pole zusammen und auch der asiatische Kältepol coincidirt sehr nahe mit einem Punkte grösster magnetischer Kraft. Dove's Untersuchungen haben bezüglich der Region der grössten Kälte zu einem etwas andern Resultate geführt als diejenigen Brewster's. Der berühmte Berliner Meteorologe nimmt an, dass die kälteste Region der nördlichen Erdhemisphäre eine zusammenhängende, unsymmetrisch gegen den Umdrehungspol liegende Fläche bilde, die im Sommer eine mehr dreieckige Gestalt annehmen, deren Endpunkte dann auf die Behringsstrasse, die Karische See und die Baffinsbai hindeuten. Das absolute Minimum der Temperatur würde nach demselben Meteorologen im Januar auf Nord-Asien fallen und im Verlaufe des Jahres von dort nach dem polaren Amerika hinüberwandern.

Mit einiger Wahrscheinlichkeit darf man gegenwärtig behaupten, dass der Nordpol keineswegs die niedrigste mittlere Jahrestemperatur besitzt, wenngleich der genaue Werth derselben zur Zeit noch nicht bekannt ist. Nach Kämtz würde das Temperaturmittel dieses Poles nicht tiefer als — 8° C. liegen. Brewster findet — 13,2° C. Dove kommt zu dem Resultate, dass das Temperaturmittel des Juli unter dem

Nordpole den Thaupunkt erreicht, im Januar aber bis zu 20° unter diesen herabsinke.

Die Temperaturverhältnisse in der Umgebung des Südpoles sind noch höchst ungenau bekannt. Gegenwärtig haben wir noch durchaus keine Ahnung davon, in welche Gegenden daselbst das absolute Temperatur-Minimum zu setzen ist, ja selbst der Verlauf der Isothermen jenseits des 55. oder 60. Breitenparallels ist noch fast vollkommen unbekannt. — Mühry legt die circumpolare Isotherm-Linie des Januar von 0° R. auf 62° s. Br., von — 1° R. auf 67° s. Br. und findet den Unterschied zwischen der mittleren Temperatur der Luft und der Meeresoberfläche höchst unbedeutend. Die in so hohem Grade vorwiegende Oceanität bestimmt hauptsächlich die Temperatur der Luft.

Verzeichniss geographischer Längen und Breiten der hauptsächlichsten Städte.

Name des Ortes.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge ö. v. Ferro.	Name des Ortes.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge ö. v. Ferro.
Abo	60° 26′ 57″	39° 56′ 45″	Breslau	51° 6′ 56″	34° 42′ 8″
Altenburg . . .	50 59 4	30 6 3	Brünn	49 11 39	34 16 30
Altona	53 32 45	27 36 13	Brüssel	50 51 11	22 1 32
Amiens	49 53 40	19 57 56	Budweis	49 38 0	33 26 54
Amsterdam . .	52 22 17	22 32 30	Cadix	36 32 3	11 22 27
Annaberg . . .	50 31 55	30 40 5	Carlsbad . . .	50 13 38	30 32 47
Ann Arbor . .	42 16 48	293 56 10	Cassel	51 19 20	27 15 3
Ansbach . . .	49 18 13	28 14 8	Celle	52 37 31	27 44 32
Antwerpen . .	51 13 15	22 4 15	Chemnitz . . .	50 49 30	30 34 0
Athen	37 58 20	41 23 37	Christiania . .	59 54 94	28 23 20
Auerbach . . .	50 30 44	30 3 40	Clausthal . . .	51 48 30	28 0 17
Augsburg . . .	48 21 46	28 34 27	Coburg	50 15 18	28 37 45
Bagdad	33 19 14	62 4 22	Constantinopel	41 1 27	46 35 15
Baireuth . . .	49 56 51	29 20 0	Copenhagen .	55 41 14	30 14 30
Bamberg . . .	49 53 28	28 32 46	Cuxhaven . . .	53 52 21	26 22 58
Barmen	51 16 19	24 51 43	Danzig	54 21 18	36 19 27
Basel	47 33 36	25 15 12	Darmstadt . .	49 56 24	26 14 30
Batavia	6 7 37	124 27 49	Dessau	51 50 4	29 54 45
Bautzen	51 11 10	32 5 26	Domingo . . .	15 18 23	316 4 30
Bergamo . . .	45 41 55	7 20 53	Dorpat	58 22 47	44 23 23
Berlin	52 30 17	31 3 25	Dover	51 7 47	18 58 45
Bern	46 57 6	25 6 11	Dresden	51 3 22	31 24 8
Bernburg . . .	51 47 47	29 24 35	Düsseldorf . .	53 13 42	24 26 13
Bilk	51 12 25	24 25 55	Dublin	51 23 13	11 18 10
Bischofswerda	51 7 55	31 50 53	Durham	54 46 6	16 2 10
Bogenhausen .	48 0 45	29 16 7	Edinburg . . .	55 57 23	14 28 44
Bologna	44 29 51	29 0 36	Eisenach . . .	50 58 55	27 57 30
Bonn	50 43 45	24 45 45	Emden	53 22 3	24 50 43
Bordeaux . . .	44 50 14	17 5 43	Erfurt	50 58 45	28 42 13
Buenos Aires	34 35 26	319 8 45	Erlangen . . .	49 35 36	28 43 45
Brandenburg .	51 32 45	30 59 0	Ferro	28 0 0	0 0 0
Braunschweig	52 16 11	28 11 6	Florenz	43 46 4	28 55 4
Bregenz	47 30 30	27 23 40	Frankfurt a. M.	50 6 43	26 1 0
Bremen	53 4 36	26 28 36	Frankfurt a. O.	52 22 8	32 13 45

Name des Ortes.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge.	Name des Ortes.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge.
Freiberg . . .	50° 54′ 30″	30° 59′ 15″	Meissen	51° 10′ 5″	31° 8′ 17″
Freiburg i. B.	47 59 46	25 31 1	Melbourne . .	37 49 53	163 38 20
Fulda	50 33 44	27 20 9	Merseburg . .	51 21 45	29 39 43
Genf	46 11 59	23 49 10	Mitau	56 39 5	41 23 36
Genua	44 25 0	26 37 42	Modena	44 38 53	28 35 20
Gera	50 53 22	29 43 46	Moskau	55 45 20	55 13 53
Glasgow	55 52 43	13 21 45	München . . .	48 8 45	29 16 7
Glatz	50 26 10	34 18 36	Münster	51 57 52	25 17 35
Glauchau . . .	56 49 0	30 12 10	Naumburg . .	51 9 28	29 27 44
Gotha	50 56 37	28 22 19	Neapel	40 51 47	31 54 22
Görlitz	51 9 15	32 38 42	Nikolajew . . .	46 58 21	49 38 24
Göttingen . . .	51 31 48	27 36 15	Nürnberg . . .	49 26 55	28 44 0
Grätz	47 4 20	33 6 26	Ochotzk	59 20 10	160 53 30
Greifswalde . .	54 4 35	31 12 58	Odessa	46 28 55	48 23 49
Greenwich . .	51 28 38	17 39 38	Ofen	47 29 10	36 42 46
Grimma	51 14 8	30 23 17	Oldenburg . .	53 8 22	25 52 52
Halle	51 39 34	29 37 43	Olmütz	49 35 43	34 56 38
Hamburg . . .	53 33 7	27 38 7	Osnabrück . .	52 16 29	25 42 25
Hannover . . .	52 22 25	27 24 0	Ostende	51 13 57	20 35 0
Heidelberg . .	49 24 43	26 21 23	Oxford	51 45 36	16 23 59
Heilbronn . . .	49 8 34	26 52 57	Padua	45 24 3	29 31 53
Helsingfors . .	60 9 42	42 37 25	Palermo	38 6 44	31 1 2
Hildesheim . .	52 9 12	27 36 55	Paris	48 50 13	20 0 0
Innsbruck . . .	47 16 10	29 3 44	Passau	48 34 38	31 7 51
Jassy	47 8 30	45 9 45	Peking	39 54 13	134 5 30
Jena	50 56 28	29 17 0	Petersburg . .	59 56 30	47 98 2
Jerusalem . . .	31 46 34	53 0 0	Philadelphia .	35 57 8	302 30 3
Karlsruhe . . .	49 0 50	26 4 21	Pilsen	49 45 10	31 3 1
Kasan	55 47 24	66 46 55	Plauen	50 29 44	9 47 55
Kiel	64 19 43	27 48 0	Potsdam . . .	52 24 45	30 44 46
Köln	50 56 32	24 37 25	Prag	50 5 18	32 5 1
Königsberg . .	54 42 51	38 9 45	Presburg . . .	48 8 7	34 50 30
Krakau	50 3 50	37 37 19	Pulkowa . . .	59 46 19	47 59 8
Krems	48 21 30	33 15 45	Quedlinburg .	51 47 58	28 47 30
Landau	49 11 49	25 46 32	Regensburg . .	49 0 53	29 46 0
Leiden	52 9 20	22 8 45	Riga	56 57 5	41 47 0
Leipzig	51 20 6	30 3 12	Rom	41 53 54	30 8 41
Linz	48 18 19	31 57 3	Ronneburg . .	50 51 44	29 50 50
Lissabon . . .	38 42 24	8 31 15	Rostock	54 5 29	29 48 33
Liverpool . . .	53 24 48	14 39 40	Rudolstadt . .	50 43 51	29 0 30
London	51 27 11	17 31 22	Salzburg . . .	47 47 45	30 42 44
Lund	55 41 54	30 51 24	Schleiz	50 35 0	29 28 16
Lübeck	53 51 18	28 20 30	Schleswig . . .	54 31 8	27 13 53
Lüneburg . . .	53 15 5	27 3 57	Schwerin . . .	53 37 38	29 4 53
Lyon	45 45 58	22 29 15	Sonderhausen	51 22 33	28 30 0
Madras	13 4 8	97 54 1	Speyer	49 18 55	26 6 8
Madrid	40 24 30	13 58 23	Stockholm . .	59 20 34	35 43 20
Magdeburg . .	52 8 4	29 8 45	Strassburg . .	48 54 56	25 24 30
Mailand	45 28 1	26 51 18	Stuttgart . . .	48 46 15	26 50 45
Malta	35 53 50	32 11 7	Sydney	33 51 41	168 54 38
Manheim . . .	49 29 13	26 7 22	Trier	48 31 10	26 42 51
Marburg	50 48 47	26 26 7	Triest	45 38 37	31 26 12
Marseille . . .	43 17 49	23 1 46	Turin	45 4 6	25 21 44
Meiningen . . .	50 35 26	28 4 0	Tübingen . . .	48 31 10	26 42 51

Name des Ortes.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge.	Name des Ortes.	Geogr. Breite.	Geogr. Länge.
Ulm	48° 23′ 20″	27° 38′ 45″	Weimar	50° 59′ 12″	29° 0′ 45″
Upsala	59 51 32	35 17 9	Wien	48 12 36	34 2 40
Utrecht	52 5 11	22 47 41	Wittenberg . .	51 52 39	30 25 15
Venedig	45 25 49	30 0 59	Würzburg . . .	49 46 6	27 35 15
Verona	45 26 7	28 39 0	Zürich	47 22 33	26 11 15
Warschau . . .	52 13 6	38 41 25			

Erdferne oder Apogaeum heisst derjenige Punkt der Mondbahn, welcher vom Erdmittelpunkte am weitesten entfernt ist. Wenn der Mond diesen Punkt erreicht, so sagt man, er stehe in der Erdferne. Wäre die Mondbahn ein Kreis, so würde jeder ihrer Punkte gleich weit vom Erdmittelpunkte entfernt sein; da die Mondbahn aber eine Ellipse ist, deren Excentricität im Mittel etwa $^1/_{18}$ der halben grossen Axe beträgt, so steht der Mond, dessen mittlere Entfernung von der Erde 51,800 Meilen beträgt, im Apogaeum 54,650 Meilen vom Erdcentrum entfernt. Der Ort des Apogaeums oder der Erdferne behält übrigens seine Lage am Himmelsgewölbe nicht unveränderlich bei, sondern bewegt sich vielmehr in jedem Jahr um $40^7/_{10}$ Grade gegen Osten, sodass er also in 8 Jahren 310 Tagen 14 Stunden einmal den ganzen Himmel umläuft. Dem Apogaeum entgegen steht der Punkt der Erdnähe, das Perigaeum, und die, beide Punkte verbindende gerade Linie heisst die Absidenlinie der Mondbahn. Das Perigaeum schreitet rechtläufig in jedem Jahre um eben so viel voran wie das Apogaeum.

Auch die Planeten zeigen bald grössern, bald geringern Abstand von der Erde, man wendet aber den Ausdruck Erdnähe nur auf den Mond an.

Erdkugel, künstliche, oder Globus, wird eine Darstellung der horizontalen Configuration der Erdoberfläche auf einer Kugel genannt, deren speciellere Einrichtung als bekannt vorausgesetzt werden kann.

Erdnähe, Perigaeum, s. d. Art. Erdferne.

Erdpole heissen die beiden auf der Erdoberfläche befindlichen Endpunkte der Erdaxe, sie stehen je 90° oder ein Viertel Kreisbogen vom Aequator ab. Derjenige Pol, welcher unseren Gegenden am nächsten liegt, heisst Nordpol, der entgegengesetzte Südpol. Weder den Nordpol noch den Südpol hat man bisher auf Entdeckungsreisen zu erreichen vermocht, daher die Frage, ob die Pole von offenem Meere oder von ewigen Eis- und Schneemassen umgeben sind, durch wirkliche Beobachtungen noch nicht entschieden werden konnte. Obgleich die Punkte grösster Kälte nicht genau mit den Umdrehungspolen zusammenzufallen scheinen, so liegen sie doch in deren Nähe und es ist sehr wahrscheinlich, dass die Temperatur der Pole eine ungemein niedrige, für das Leben organischer Wesen unzuträgliche ist.

Erdstriche, Erdgürtel, Zonen nennt man diejenigen fünf, dem Aequator parallelen Streifen der Erdoberfläche, in welche diese letztere durch die beiden Wende- und Polarkreise getheilt wird.

Wenn die Sonne am 21. März senkrecht über dem Erdaequator steht, so rückt sie in den folgenden Monaten immer mehr und mehr nach Norden, sie steht dann um Mittag senkrecht über Orten der Erdoberfläche, die immer mehr und mehr nördlich vom Erdaequator liegen. Dies geht so fort bis die Sonne senkrecht über demjenigen Parallelkreise steht, der $23\frac{1}{2}^{0}$ nördlich vom Aequator entfernt ist. Hat sie diesen erreicht und Mittags im Scheitelpunkte aller Orte unter diesem Parallelkreise (oder Breitenkreise) gestanden, so *wendet* sie sich wieder nach Süden, erreicht am 23. September abermals den Aequator und schreitet südwärts weiter bis sie senkrecht über dem Parallelkreise von $23\frac{1}{2}^{0}$ *südlicher* Breite steht. Dann *wendet* sie abermals um, erreicht wiederum den Aequator und durchläuft den besprochenen Cyklus von Neuem. Die beiden je $23\frac{1}{2}^{0}$ vom Aequator entfernten Parallel- oder Breitenkreise werden nun mit Rücksicht auf das Umwenden der Sonne *Wendekreise* genannt, der nördliche: *Wendekreis des Krebses*, der südliche: *Wendekreis des Steinbocks*. Beide Wendekreise umschliessen einen Streifen der Erde, welcher die *heisse Zone* heisst, weil in ihr in Folge der senkrechten Sonne die höchsten Lufttemperaturen gefunden werden.

Wenn die Sonne in den Wendekreis des Steinbocks tritt, wenn sie also im Scheitelpunkte aller Orte von $23\frac{1}{2}^{0}$ südl. Breite steht, so scheint sie, da sie eine ganze Erdhälfte erleuchtet, über den Südpol hinaus, den Nordpol erreichen ihre Strahlen indess nicht mehr, sondern berühren (tangiren) genau den Breitenkreis der $23\frac{1}{2}^{0}$ südlich davon absteht. Alle Orte auf diesem Parallelkreise (dem $66\frac{1}{2}^{0}$ nördl. Breite) sehen die Sonne also 24 Stunden lang *nicht* aufgehen, sie haben also, abgesehen von der Refraction und Dämmerung, eine 24stündige Nacht. Umgekehrt ist es dagegen mit allen Orten von $66\frac{1}{2}^{0}$ *südlicher* Breite; sie sehen an dem genannten Tage die Sonne 24 Stunden lang nicht untergehen. Ein halbes Jahr später kehren sich die Verhältnisse um. Die Sonne hat dann den Wendekreis des Krebses erreicht, sie scheint über den Nordpol hinaus, alle Orte unter $66\frac{1}{2}^{0}$ *nördlicher* Breite haben 24 Stunden lang Tag, alle Orte von $66\frac{1}{2}^{0}$ *südlicher* Breite haben 24 Stunden lang Nacht. Die beiden Parallelkreise von $66\frac{1}{2}^{0}$ *nördlicher* und $66\frac{1}{2}^{0}$ *südlicher* Breite werden entsprechend der nördliche und südliche Polarkreis genannt. Der nördliche Polarkreis umschliesst mit dem Wendekreise des Krebses die nördliche gemässigte Zone, der südliche Polarkreis mit dem Wendekreise des Steinbocks die südliche gemässigte Zone. Der Abschnitt der Erdoberfläche *innerhalb* des nördlichen Polarkreises heisst die *nördliche kalte Zone*, der Abschnitt der Erdoberfläche innerhalb des südlichen Polarkreises heisst die *südliche kalte Zone*. Die Grössenverhältnisse dieser 5 Zonen sind folgende:

Oberfläche der heissen Zone:	3,678,250	geogr.	Quadrat-Meilen,
„ jeder gemässigten „	2,403,991	„	„
„ „ kalten „	387,139	„	„

Vgl. auch den Artikel *Erde*.

Eudoxus, griechischer Astronom, lebte gegen 370 vor Chr., soll zuerst die Hohlkugeln eingeführt haben, in welchen man sich die Pla-

neten umlaufend dachte; auch soll er die ersten Himmelsgloben verfertigt haben. Von seinen Werken ist Nichts auf uns gekommen.

Euler, Leonhard, geb. 15. April 1707 zu Basel, gest. 7. September (a. St.) 1783 zu Petersburg, einer der grössten und fruchtbarsten Mathematiker aller Zeiten und Völker, studirte anfangs Theologie und 1725, um einem Rufe nach Petersburg zu folgen, auch Medicin. Zwei Jahre später ging er in der That nach Petersburg, aber als akademischer Adjunct der höhern Mathematik. Im Jahre 1730 ward er dort Professor der Physik und 1733 der höhern Mathematik. Schon begannen seine Arbeiten die Aufmerksamkeit der gelehrten Welt auf ihn zu lenken. Im Jahre 1741 erhielt er einen Ruf als Professor der Mathematik nach Berlin, dem er folgte, und wo er drei Jahre später zum Director der mathematischen Klasse der Akademie der Wissenschaften ernannt wurde. Im Jahre 1766 kehrte er jedoch als Mitglied der Akademie nach Petersburg zurück. In diesem Jahre erblindete er gänzlich, nachdem er schon seit 1735 die Sehkraft eines Auges eingebüsst hatte; aber trotzdem ewige Nacht sein leibliches Auge umhüllte, blieb sein geistiges unverhüllt, ja es schien sogar noch an Schärfe zu gewinnen, denn fast 450 wissenschaftliche Abhandlungen, die schwierigsten Gegenstände der Physik und höhern Mathemathik behandelnd, erschienen seit seiner gänzlichen Erblindung. Euler's Arbeiten können hier nicht zum Gegenstande einer speciellen Analyse gemacht werden, es muss hier die Bemerkung genügen, dass dieser seltene Geist bis in die höchsten Regionen der Wissenschaft vordrang, die Theorie des Lichtes, der Achromasie, der Planetenstörungen und vieles andere wurde von ihm wesentlich gefördert. Bei seinem Tode hinterliess er noch an 200 ungedruckte Abhandlungen.

Seine Söhne Johann Albrecht (1734—1800), Carl (1740—1790) und Christoph (1743—1812) machten sich ebenfalls durch verschiedene wichtige astronomische und mathematische Abhandlungen sehr vortheilhaft bekannt.

Evection heisst die grosse Ungleichheit oder Ungleichförmigkeit in der Mondbewegung, welche aus der Veränderung der Excentricität (s. d.) der Mondbahn in Folge der Bewegung der Absidenlinie oder grossen Axe derselben entsteht. Die Ungleichheit oder Störung kann die Länge des Mondes um 1° 15′ vergrössern und vermindern. Es ist nämlich in Folge derselben die Länge des Mondes in den Syzygien (beim Neu- und Vollmonde) fast um 1° 15′ grösser als sie nach der rein elliptischen Bewegung sein sollte und in den Quadraturen (erstes und letztes Viertel) um den nämlichen Betrag geringer. Gewisse einfache Betrachtungen, welche man in dem Artikel Störungen nachschlagen muss, zeigen, dass in Folge der Anziehung der Sonne auf den Mond die Excentricität der Mondbahn am grössten ist, wenn die Absidenlinie (s. d.) dieser Bahn verlängert durch die Sonne geht, dass sie dagegen am kleinsten ist, wenn die Absidenlinie rechtwinkelig zur Linie der Syzygien steht, d. h. beim Eintritte von Neu- und Vollmond in den Endpunkten der kleinen Axe der Mondbahn. Die Wirkung dieser Excentricitätsverände-

rung äussert sich nun in der Störung in des Mondes Länge, welche zuerst Tycho mit dem Namen Evection bezeichnet hat.

Excentricität heisst in der Ellipse der Abstand des Durchschnittspunktes der grossen und kleinen Axe von einem der beiden Brennpunkte, sodass also die Entfernung der beiden Brennpunkte gleich der doppelten Excentricität ist. Man drückt die Grösse der Excentricität in der Astronomie gewöhnlich in Theilen der halben grossen Axe aus. Die Kenntniss der Excentricität der Bahnen, in welchen die Himmelskörper einhergehen, ist zur Berechnung ihres Ortes höchst wichtig, da gerade in Folge der Excentricität die Bewegungen ungleichförmig werden. Nach dem Vorgange von Gauss wird statt der Excentricität in den Planetenelementen häufig auch der Winkel aufgeführt, dessen Sinus die Excentricität gleich ist. Schlägt man daher den betreffenden Winkel in einer trigonometrischen Tafel nach und sucht seinen Sinus, so giebt dieser die Excentricität. Jener Winkel wird daher Excentricitätswinkel genannt.

Excentrische Anomalie, s. Anomalie.

Excentrischer Kreis, gleichbedeutend mit deferirender Kreis, s. in dem Artikel Epicykel.

Fabricius, David, geb. 1564 zu Esens in Ostfriesland, gest. am 7. Mai 1617 zu Osteel war anfangs Pfarrer zu Resterhave, dann, seit 1584 zu Osteel, entdeckte am 3. August 1596 die Veränderlichkeit des Sternes o im Wallfische, beobachtete den Kometen von 1607, den neuen Stern im Ophiuchus und mit seinem Sohne die Sonnenflecke. Er wurde von einem Bauer seiner Gemeinde erschlagen, den er auf der Kanzel etwas zu deutlich als Dieb einer seiner Gänse bezeichnet hatte.

Fabricius, Johann, des Vorigen Sohn, geb. 8. Januar 1587 zu Osteel, entdeckte vor Galilei die Sonnenflecke und die Axendrehung der Sonne (s. d.). Sein Todesjahr ist unbekannt, ebenso sein eigentlicher Stand.

Fadenkreuz, s. Fernrohr.

Fadenmikrometer, s. Mikrometer.

Fall der Körper nennt man die in Folge der Erdanziehung hervorgerufene senkrechte Bewegung aller nicht unterstützten Gegenstände in der Richtung nach dem Erdboden hin. Wird ein Körper unterstützt, so äussert sich das Bestreben desselben zu fallen in dem Drucke, den er auf seine Unterlage ausübt. Ist der freie Fall verhindert, ein Körper aber auch nicht genugsam unterstützt, um seinem Fallbestreben allein durch Druck zu genügen, so tritt die gleitende oder rollende Bewegung, der gleitende oder rollende Fall ein, wobei Druck und Fall gleichzeitig wirken. Alle Körper an der Oberfläche der Erde fallen, wie zuerst Galilei durch directe Versuche bewiesen hat, gleich schnell. Die verschieden grosse Fallgeschwindigksit, welche z. B. leichte Papierschnitzel oder Federn gegen Blei zeigen, wird durch den Widerstand der Luft hervorgerufen. Mit Hülfe der Luftpumpe lässt sich zeigen, dass schwere wie leichte Körper in sehr luftverdünntem Raume gleich schnell fallen. Die Beobachtungen haben ferner ergeben, dass ein Körper in der ersten

Secunde etwa $15\,^1/_{10}$ Pariser Fuss durchfällt. Diese Zahl heisst nach ihrem Entdecker die Galilei'sche Zahl und wird fast allgemein in den Lehrbüchern der Mechanik wie in der Astronomie durch den Buchstaben g bezeichnet. Die Fallgeschwindigkeit ist eine gleichförmig beschleunigte, indem die Anziehungskraft der Erde, welche eben den Fall hervorruft, in jedem nächsten Augenblicke auf den fallenden Körper ebenso wirkt wie im ersten, mithin die Bewegung gleichmässig vermehrt und die Geschwindigkeit des fallenden Körpers in gleichen Zeiten gleich viel zunimmt. Die Endgeschwindigkeiten fallender Körper verhalten sich daher wie die Fallzeiten, d. h. am Ende der 2., 3., 4., nten Secunde ist die Endgeschwindigkeit 2mal, 3mal, 4mal, nmal grösser als am Ende der ersten Secunde.

Was nun den Weg anbetrifft, den ein fallender Körper zurücklegt, so ergiebt sich dieser leicht durch folgende Ueberlegung. Der fallende Körper beginnt mit der Geschwindigkeit 0 und erreicht am Ende der ersten Secunde die Geschwindigkeit a. Da die Geschwindigkeit gleichförmig zunimmt, so würde der Körper in derselben Zeit den nämlichen Weg zurückgelegt haben, wenn er sich mit der mittleren Geschwindigkeit $^1/_2$ a eine Secunde lang bewegt hätte. Der Raum, den er in der ersten Secunde durchfällt, ist also = $^1/_2$ a. Wir haben aber oben gesehen, dass dieser Raum in runder Zahl 15 Pariser Fuss beträgt, sonach ist also $^1/_2\,a = 15'$ und daher $a = 2 \times 15' = 30'$. Die Endgeschwindigkeit eines fallenden Körpers beträgt also nach Verlauf der ersten Secunde 30 Fuss. Mit dieser Geschwindigkeit tritt er nun die zweite Secunde seines Falles an und er würde diese Geschwindigkeit während dieser Zeit unverändert beibehalten; allein die Anziehungskraft der Erde vermehrt dieselbe ebenso wohl wieder, wie in der ersten Secunde, sodass der Körper am Ende der zweiten Secunde eine Geschwindigkeit von $2 \times 30' = 60$ Fuss besitzt. Der Raum, den er dabei durchläuft, ist aber wiederum ebenso gross wie derjenige, den ein Körper mit der mittleren Geschwindigkeit zwischen 30 und 60 Fuss, d. h. mit einer Geschwindigkeit von 45 Fuss durchläuft. Demnach legt der fallende Körper in der zweiten Fallsecunde einen Weg von 45' zurück, in der ersten und zweiten Secunde zusammengenommen also einen Weg von $15' + 45' = 60$ Fuss. Wie man hier weiter zu schliessen hat ist klar und die nachstehende kleine Tafel daher verständlich.

Zeit.	Anfangsgeschwindigkeit.	Endgeschwindigkeit.	Geschwindigkeitszuwachs.	Fallraum.	Gesammtfallraum vom Anfang des Falles an.
1. Secunde	0 Fuss.	30 Fuss.	30 Fuss.	15 Fuss.	15 Fuss.
2. „	30 „	60 „	30 „	45 „	60 „
3. „	60 „	90 „	30 „	75 „	135 „
4. „	90 „	120 „	30 „	105 „	240 „
5. „	120 „	150 „	30 „	135 „	375 „

Betrachtet man die Zahlen in dieser kleinen Tabelle genauer, so lassen sich aus denselben die Fallgesetze ohne besondere Schwierigkeiten ableiten.

Aus der dritten Colonne ist ersichtlich, dass die Endgeschwindigkeiten sich wie die Zeiten verhalten, d. h. im Verhältnisse der Zahl der Fallsecunden zunehmen.

Die fünfte Colonne zeigt, dass die in den einzelnen Secunden zurückgelegten Räume, wie die ungeraden Zahlen wachsen, also in der zweiten Secunde 3 mal, in der dritten Secunde 5 mal, in der vierten Secunde 7 mal, in der fünften Secunde 9 mal grösser sind als in der ersten Secunde.

Die letzte Spalte der Tafel zeigt schliesslich, dass die Gesammtwege, welche die Körper in gewissen Zeiträumen durchfallen, sich wie die Quadrate der Secunden ihres Falles verhalten. So ist z. B. der in 2 Secunden durchfallene Raum 4 mal, der in 3 Secunden durchfallene Raum 9 mal, der in 4 Secunden durchfallene Raum 16 mal, der in n Secunden durchfallene Raum $n \times n$ mal grösser, als der in der ersten Secunde durchfallene.

Aus den so jetzt entwickelten Fallgesetzen ergiebt sich auf der Stelle, dass man einem, in leerem Raume emporgeworfenen Körper eine ebenso grosse Anfangsgeschwindigkeit mittheilt, als er beim Fallen an Endgeschwindigkeit wieder erlangt.

Galilei, der sich zuerst eingehend mit den Fallgesetzen beschäftigte, hat diese durch mathematische Untersuchung gefunden; er blieb jedoch hierbei nicht stehen, sondern bemühte sich, dieselben auch durch das Experiment nachzuweisen. Da es schwierig, ja unmöglich war, den directen Fall zu untersuchen, so wählte Galilei den Fall auf einer schiefen Ebene, indem er eine Kugel in einer ausgehöhlten Rinne herablaufen liess. Die absolute Fallgeschwindigkeit besass diese Kugel allerdings nicht, allein Galilei sagte sich mit Recht, dass hierdurch die Verhältnisse der Geschwindigkeit sowohl, als der durchlaufenen Räume für die einzelnen Zeitsecunden, sich nicht ändern würden. Später hat der Engländer Atwood eine Fallmaschine construirt, die im Wesentlichen aus einer mit Gegengewichten versehenen, über eine Rolle laufenden Schnur besteht; ein kleines Uebergewicht erzeugt dabei eine langsame Bewegung, bei der man an einer Scale die Geschwindigkeit ablesen kann, während ein Pendel die Zeiträume misst. Die ganze Einrichtung ist recht hübsch, verdient aber keineswegs das umständliche Verweilen bei derselben, dem man in manchen physikalischen Lehrbüchern begegnet.

Bei der Bewegung auf der schiefen Ebene kommt, wie bereits bemerkt, nicht die ganze Wirkung der Schwere zur Geltung, vielmehr verhält sich die beschleunigende Kraft zur Schwere, wie die Höhe der schiefen Ebene über der Horizontalen zu ihrer Länge. Wenn man daher eine ebene Fläche von 15 Fuss Länge mit dem einen Ende an den Boden lehnt und das andere Ende 1 Fuss über den Boden erhebt, so wird, abgesehen von der Reibung, ein diese Ebene herabrollender

Körper in der 1. Secunde 1 Fuss, in der 2. Secunde 3 Fuss, in der 3. Secunde 5 Fuss u. s. w. zurücklegen.

Die Geschwindigkeit eines auf einer schiefen Ebene herabfallenden Körpers ist an jeder Stelle derselben derjenigen gleich, welche er durch den senkrechten Fall bis zu derselben Tiefe erlangt haben würde.

Es wurde oben bemerkt, dass der Fallraum in der ersten Secunde etwa 15 Fuss beträgt. Diese Zahl ist nur eine näherungsweise, weil die Fallräume auf der nicht genau kugelförmigen und um ihre Axe rotirenden Erde nicht überall gleich sind. Die Fallgeschwindigkeit nimmt nämlich mit wachsender Entfernung vom Erdmittelpunkte ab; sie muss daher an den Polen, welche dem Erdcentrum näher sind als der Aequator, grösser sein als an diesem letztern. Dazu kommt, dass auch die Schwung- oder Centrifugalkraft (s. Centralkraft), der Fallgeschwindigkeit entgegenwirkt. Diese Centrifugalkraft nimmt aber vom Aequator beiderseits gegen die Pole hin ab und beide Ursachen bewirken daher, dass die Fallgeschwindigkeit an den Polen grösser ist als am Aequator und überhaupt um so grösser, je mehr man sich vom Aequator entfernt.

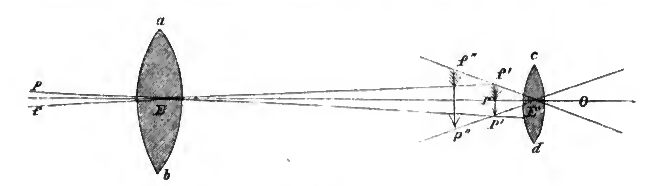
Faye, August Etienne Albans, verdienter Astronom, geboren am 1. Oktober 1814 zu Benoît du Sault im Departement Indre, wurde unter Arago Adjunct der Pariser Sternwarte, dann Professor der Astronomie an der Polytechnischen Schule und seit 1847 Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Paris. Entdeckte am 22. Nov. 1843 den nach ihm benannten Kometen von kurzer Umlaufszeit, berechnete mehrere andere Kometen, sowie Sonnenfinsternisse. Faye ist mehr speculativer Astronom als Beobachter; seine vielen Theorien über astronomische Erscheinungen sind bisweilen sehr glücklich, vielfach haltlos, immer aber scharfsinnig ausgedacht und geschickt durchgeführt.

Fernel, Jean, geb. 1497 zu Clermont, gest. 26. April 1558 zu Paris, war Arzt, beschäftigte sich aber mehr mit astronomischen Studien, maass einen Gradbogen, der die Länge des Breitengrades ziemlich richtig angab und schrieb verschiedene medicinische Schriften. Er wurde später Leibarzt Heinrich's III. von Frankreich.

Fernrohr, Fernglas, Telescop, werden diejenigen optischen Instrumente genannt, mittels deren man entfernte Gegenstände vergrössert und dadurch scheinbar näher gerückt erblickt. Man unterscheidet dioptrische und katoptrische Fernrohre, je nachdem bei denselben die Lichtstrahlen im Durchgange durch Glaslinsen gebrochen oder von polirten Spiegeln zurückgeworfen werden. Die letztere Art von Fernrohren wird Spiegeltelescop genannt und unter diesem Artikel näher beschrieben. Hier beschäftigen wir uns nur mit den dioptrischen Fernrohren, die man, falls sie grössere Dimensionen besitzen, auch Refractore zu nennen pflegt. Den Haupttheil dieser Fernrohre bilden die Glaslinsen, kreisrunde, entweder von zwei kugelförmigen oder einer kugelförmigen oder ebenen Fläche begrenzte Glaskörper. Man unterscheidet zwei Arten dieser Linsen für Fernrohre, Sammel- und Zerstreuungslinsen. Die ersteren sind in der Mitte dicker als am Rande, die letzteren sind am Rande dicker als in der Mitte, jene wer-

den auch convexe, diese concave Linsen genannt. Als Unterabtheilungen unterscheidet man noch biconvexe, beiderseits erhabene, planconvexe, an der einen Seite erhaben, an der andern ebene Linsen, und ebenso biconcave, beiderseits hohle und planconcave Linsen, bei denen eine Seite eben, die andere hohl ist. Convexconcave Linsen sind solche, bei denen eine Seite erhaben und die andere hohl ist. Die Wirkungsweise dieser verschiedenen Arten von Linsen im Einzelnen muss in dem Artikel Linsengläser nachgelesen werden. Hier haben wir es nur mit der Zusammenstellung der Linsen zu Fernrohren zu thun.

In seiner einfachsten Gestalt besteht das astronomische Fernrohr aus der biconvexen Objectivlinse aEb (Fig. 22) und der eben-



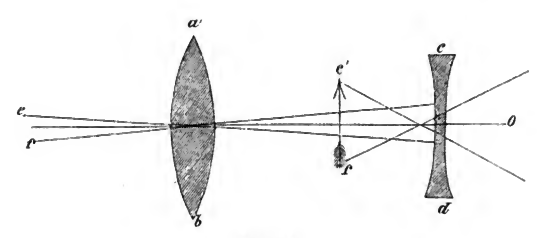
Figur 22.

falls biconvexen Okularlinse cE'd. Die Grade EE' nennt man die optische Axe des Fernrohres. Die Objectivlinse erzeugt von einem entfernten Gegenstande pf in ihrem Brennpunkt r ein umgekehrtes Bild f'p'. Dieses umgekehrte Bild wird von der Okularlinse vergrössert und für das Auge in o in die richtige Sehweite p''f'' hinausgerückt. Die Länge des astronomischen Fernrohres ist gleich der Summe der Brennweiten der Objectiv- und Okularlinse; die Vergrösserung gleich der Brennweite des Objectivs dividirt durch die Brennweite des Okulars. Verbindet man die Punkte dEc durch zwei Linien, welche sich in E schneiden, so stellt $\measuredangle$ dEc den grössten Gesichtswinkel dar, den man noch in dem Fernrohre auf einmal übersehen kann; er wird das Gesichtsfeld des Fernrohrs genannt. Es ist hiernach nicht schwierig die Grösse des Gesichtsfeldes bei bekanntem Abstande der beiden Linsen und dem Durchmesser der Okularlinse zu berechnen, und man sieht gleichzeitig, dass die Grösse des Gesichtsfeldes durchaus nicht von der Grösse des Objectivglases abhängt. Um ein scharf begrenztes Gesichtsfeld zu erhalten und ebenfalls um die Randstrahlen, welche die Deutlichkeit des Bildes beeinträchtigen, abzuhalten, bringt man im gemeinschaftlichen Brennpunkte des Okulars und Objectivs eine geschwärzte, mit einer kreisrunden Oeffnung versehene Platte an, wodurch das Gesichtsfeld praktisch natürlich etwas beschränkter wird, als eben theoretisch angegeben wurde. Ein weit grösseres Gesichtsfeld lässt sich unter Anwendung eines doppelten Okulars erhalten, weshalb auch in der That alle astronomischen Fernrohre ein doppeltes Okular besitzen.

Das astronomische Fernrohr zeigt die Gegenstände in umgekehrter Lage, was allerdings für Beobachtungen am Himmel nicht wesentlich hinderlich ist. Um so unangenehmer ist dies jedoch für die Beobachtung irdischer Gegenstände. Indess lässt sich diesem Uebelstande sehr leicht dadurch abhelfen, dass man zwischen Objectiv und Okular noch eine Linse anbringt, welche das umgekehrte Bild des Objectivs abermals umkehrt und dadurch also wieder aufrecht stehend macht. Um recht klare Bilder zu erhalten wendet man meist aber auch hier zwei Linsen an, sodass das Okular der besseren terrestrischen Fernrohre aus zwei Linsenpaaren besteht.

Das bis jetzt beschriebene Fernrohr führt auch den Namen Kepler'sches Fernrohr, weil Kepler der Erste war, der seine Einrichtung angab.

Von etwas anderer Construction ist das Galilei'sche Fernrohr. Es ist ab (Fig. 23) eine biconvexe, cd eine biconcave Linse. Das Bild des



Figur 23.

Gegenstandes ef erblickt das Auge o durch die biconcave Okularlinse cd in e'f' in aufrechter Stellung. Die Vergrösserung des Galilei'schen Fernrohrs kann stets nur eine sehr beschränkte sein, indem schon in diesem Falle das Gesichtsfeld ungemein klein ausfällt. Daher findet diese Art von Ferngläsern in der Astronomie auch keine Verwendung, sondern dient höchstens nur als Taschentelescop oder Theaterperspectiv. Wir beschäftigen uns daher im Folgenden bloss mit dem astronomischen Fernrohre.

Es wurde oben bereits angegeben, dass die Vergrösserung des Fernrohrs gleich der Brennweite des Objectivs dividirt durch diejenige des Okulars ist. Für die Praxis ist es in den meisten Fällen sehr schwierig diese Brennweiten zu bestimmen. Man kann daher in allen Fällen mit Nutzen folgende Methode die Vergrösserung eines Fernrohres zu bestimmen in Anwendung bringen. Man stelle das Instrument für einen sehr entfernten Gegenstand, z. B. für die Sonne ein, sodass also deren Scheibe möglichst scharf und klar erscheint. Dann richte man das Fernrohr gegen einen hellen Gegenstand, etwa gegen den Himmel, und halte dicht hinter das Okular ein kleines Blatt geölten, überhaupt

durchsichtigen Papiers. Man erblickt dann auf diesem eine sehr kleine helle Scheibe, ein Bild der Objectivöffnung. Durch Nähern oder Entfernen des Papierblättchens lässt sich der Punkt des Abstands bestimmen, in welchem der kleine Kreis am deutlichsten und schärfsten begrenzt erscheint. Misst man dann seinen Durchmesser, so vergrössert das Fernrohr so viel mal, als der Durchmesser des kleinen hellen Kreises in dem Durchmesser des Objectivs enthalten ist. Diese Methode gibt selbst bei Vergrösserungen bis zu 200mal recht zuverlässige Resultate.

Die Helligkeit oder Lichtstärke eines Fernrohres richtet sich nach der Grösse seines Objectivs und verhält sich wie das Quadrat der freien Oeffnung desselben. Nimmt man den Durchmesser der Oeffnung der Pupille im menschlichen Auge zu $^1/_{10}$ pariser Zoll an und nennt sie ε, und wird der Objectiv-Durchmesser d ebenfalls in pariser Zollen ausgedrückt, so gibt der Ausdruck $h = \frac{d^2}{\varepsilon^2}$ das Verhältniss der Lichtmenge, welche in das Fernrohr kommt, zu derjenigen, die ins Auge dringt, an. Die wirkliche Lichtstärke, mit welcher ein Gegenstand dem Auge im Fernrohr erscheint, hängt aber auch von der Vergrösserung ab unter der er sich darstellt und zwar vermindert sie sich im Verhältniss des Quadrats der Vergrösserung. Es ist nämlich ohne Weiteres klar, dass, wenn ein Gegenstand 2mal, 3mal etc. vergrössert erscheint, die Lichtstrahlen sich über einen 4mal, 9mal etc. grössern Raum vertheilen und daher die Helligkeit jedes einzelnen Punktes in demselben Maasse geringer ist. Nennt man daher m die Vergrösserung, so ist die Lichtstärke h des Fernrohrs

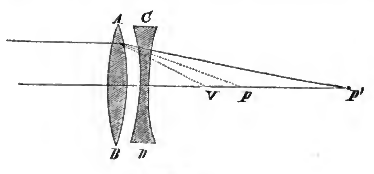
$$h = \frac{d^2}{\varepsilon^2 m^2}$$

wobei von der (geringen) Lichtabsorption beim Durchgange durch die Gläser des Fernrohrs ganz abgesehen wird. Hiernach ist z. B. die absolute Lichtstärke des grossen Refractors zu Pulkowa von 14 par. Zoll Objectivöffnung $= 140^2$, bei einer Vergrösserung von 1500mal ist die Helligkeit jedes Punktes $= (^{140}/_{1500})^2 = {}^1/_{115}$. Man ersieht hieraus deutlich, weshalb man selbst bei den grössten Fernrohren die Vergrösserung nicht über ein bestimmtes Maass ausdehnen kann, wenn man noch vortheilhaft beobachten will.

Neben der Vergrösserung und Helligkeit kommt es bei einem Fernrohr hauptsächlich auch auf die Deutlichkeit des Bildes an. Die bis jetzt beschriebenen Fernrohre haben die Unvollkommenheit, dass die optische Abweichung (s. d.) bei ihnen, sobald man nur zu einer irgend etwas beträchtlichen Vergrösserung übergeht, sehr bedeutend hervortritt und der Deutlichkeit des Bildes ganz ungemein schadet. Besonders ist es hierbei die chromatische Abweichung, welche die durch das Fernrohr gesehenen Gegenstände mit einer Reihe von farbigen Rändern umsäumt. In dem Artikel über optische Abweichung ist nachgewiesen, dass die chromatische Abweichung durch eine sehr grosse Brennweite des Objectivs im Verhältniss zu seinem

Durchmesser verringert wird. Aus diesem Grunde waren die dioptrischen Fernrohre der früheren Astronomen, z. B. von Huygens und Cassini sehr lang und fast Blasrohren ähnlich, ohne jedoch selbst hierdurch eine besondere optische Schärfe zu erlangen.

Die achromatischen Fernrohre sind von diesen Mängeln frei; sie vereinigen Reinheit und Schärfe des Bildes mit Handlichkeit und Kürze, so dass ein achromatisches Instrument von 3 Fuss Länge mehr leistet, als ein nicht achromatisches von 25 Fuss Brennweite. Die achromatischen Fernrohre unterscheiden sich von den nicht achromatischen durch die Zusammensetzung ihres Objectivs. Es besteht dasselbe nämlich aus zwei sich fast berührenden Linsen, von denen die vordere (Fig. 24) AB biconvex ist und aus Crownglas besteht, während die hintere CD biconcav ist und aus Flintglas besteht. Die Lichtstrahlen, welche durch AB hindurchgehen, würden sich in dem Punkte p vereinigen, wenn sie nicht von der Zerstreuungslinse CD weniger convergent gemacht würden, so dass sie sich erst in p' vereinigen. Das Flintglas zerstreut die farbigen Strahlen des weissen Lichtes weit stärker als Crownglas. Während vom Brechungsvermögen die Ablenkung des Spectrums von seinem ursprünglichen Orte, vom Zerstreuungsvermögen aber die Ausdehnung desselben abhängt, und gleichzeitig das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen der durchsichtigen Substanzen keineswegs allenthalben in gleichem Verhältnisse zu einander stehen, so ist die Möglichkeit an die Hand gegeben, eine Linse zu construiren, welche den weissen Lichtstrahl bricht oder ablenkt, ohne ihn zu zerstreuen. Wenn die Linse AB (Fig. 24) für sich allein die Lichtstrahlen so bricht, dass die am stärksten brechbaren violetten Strahlen in v, die am wenigsten brechbaren rothen in p vereinigt werden, so wird durch die Zerstreuungslinse CD der Vereinigungspunkt der Strahlen nach p' hinausgerückt und zwar werden die stärker brechbaren violetten Strahlen v weiter gegen p hin fortgerückt, als die schwächer brechbaren rothen Strahlen p. Man sieht unmittelbar, in welcher Weise hierdurch der Abstand vp, der Vereinigungspunkt der äussersten farbigen Strahlen verringert wird, ja praktisch ganz in einen Punkt zusammenfallen kann, wodurch hier wieder weisses Licht entsteht. Genaueres sowohl über die Wegschaffung der achromatischen Abweichung als der sphärischen, kann nur mit Hülfe der höhern Mathematik gegeben werden; hier kam es nur darauf an, das Princip der achromatischen Fernrohre darzulegen. Zu bemerken ist indess noch, dass mit der Vereinigung der rothen und violetten, also der äussersten Strahlen des Spectrums, nicht auch die Ver-



Figur 24.

einigung der mittlern Strahlen gegeben ist. Fraunhofer hat bei seinen Instrumenten hauptsächlich darauf Rücksicht genommen, dass die leuchtendsten Strahlen des Spectrums genau vereinigt wurden, während allerdings etwas Violett übrig blieb. Da gewisse Flüssigkeiten eine sehr beträchtliche Farbenzerstreuung zeigen, so schlugen Blair und Barlow vor, statt des Flintglases, eine hohle mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Linse anzuwenden, Brewster empfahl Oel von Cassia und Sassafras, Girard Terpentinöl. Schon früher war Euler auf die Idee gerathen achromatische Fernrohre dadurch herzustellen, dass gewisse Flüssigkeiten zwischen die innern Flächen zweier Glaslinsen gebracht wurden, und er gab zu diesem Zwecke eine Berechnung behufs Construction eines solchen Fernrohrs. Die Versuche von Barlow haben sehr gute Resultate ergeben, wenigstens gelang es ihm, Fernrohre von 6 bis 8 Zoll Objectiv-Durchmesser herzustellen, welche Ausgezeichnetes leisteten. In denselben steht die Flüssigkeitslinse in bedeutendem Abstande, bis zu 2 Fuss, von dem Crownglasobjektiv ab. Diese Instrumente werden aplanatische Fernrohre genannt. Fraunhofer macht mit Recht dagegen geltend, dass durch Temperaturveränderung sehr leicht die Homogenität der Flüssigkeit gestört werde und hierdurch undeutliche Bilder entstehen.

Eine grössere Zukunft haben die dialytischen Fernrohre, d. h. Achromate, bei denen die Flintglaslinse in einem grössern Abstande, etwa in der halben Brennweite, von der Crownglaslinse sich befindet und die deshalb weit kleiner zu sein braucht, als diese. Littrow hat auf diese Umstände 1827 zuerst aufmerksam gemacht und die nach seinen Ideen von dem Wiener Optiker Plössl construirten dialytischen Fernrohre zeichnen sich dadurch aus, dass sie beträchtlich kürzer sind als gewöhnliche Achromate und dennoch in Bezug auf Deutlichkeit und Lichtstärke dieselben weit übertreffen.

Da grosse Fernrohre bei starker Vergrösserung nur ein sehr kleines Gesichtsfeld besitzen, so hält es sehr schwer mittels derselben einen Gegenstand am Himmel aufzusuchen. Um dieses Aufsuchen zu erleichtern, befestigt man an dem Hauptfernrohre ein kleines, dessen Axe parallel der Axe des grossen Instruments ist. Es wird Sucher genannt und muss bei geringer Vergrösserung ein möglichst grosses Gesichtsfeld besitzen. Im gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectivs und Okulars sind zwei senkrecht zu einander stehende dünne Fäden ausgespannt, der Art, dass sie sich im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes durchkreuzen. Ein Stern, der also im Sucher hinter dem Durchschnittspunkte dieser beiden Fäden steht, ist in dem grossen Fernrohre im Mittelpunkte des Gesichtsfeldes sichtbar. Wenn die Axe des Suchers nicht mehr ganz parallel mit derjenigen des Haupttelescops ist, so dienen einige Schrauben dazu, die Abweichung zu corrigiren.

Um einen himmlischen Körper andauernd zu beobachten, muss man ihm, wegen der täglichen Umdrehung des Himmelsgewölbes, mit dem Fernrohr folgen. Dass dies unbequem ist, bei starker Vergrösserung nur sehr schwierig mit der Hand bewerkstelligt werden kann und

überhaupt die Genauigkeit der Beobachtungen beeinträchtigt, leuchtet ein. Die grossen Refractore sind daher gegenwärtig sämmtlich mit Uhrwerken versehen, die das geeignet (nämlich der Weltaxe parallel) aufgestellte Fernrohr so vollkommen mit der täglichen Bewegung des Himmelsgewölbes übereinstimmend um seine Axe drehen, dass ein Stern stundenlang unbeweglich im Felde des Fernrohrs stehen zu bleiben scheint.

Um eigentliche Messungen anstellen zu können, gehören zu einem grossen Fernrohre besondere Vorrichtungen, sogenannte Mikrometer, worüber dieser Artikel nachzulesen.

Um mittels eines Fernrohres genau pointiren zu können, muss man offenbar eine Vorrichtung haben um den Mittelpunkt des Gesichtsfeldes oder wenigstens doch einen bestimmten Punkt in demselben, fixiren zu können, da eine Schätzung nach dem Augenmaasse wenig Zuverlässiges darbieten würde. Ein solches Mittel gibt das Fadenkreuz, dessen oben bereits bei Beschreibung des Suchers gedacht wurde. Es ist im gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectivs und Okulars angebracht und muss sich dem Auge völlig schwarz und scharf begrenzt darstellen. Man stellt dasselbe entweder aus Spinnwebfäden oder nach Wollastone's Vorschlage aus höchst feinen Metallfäden dar. Diese Fäden sind auf einer kreisrunden Platte oder einem Ringe befestigt, der mittels kleiner Schrauben nach allen Richtungen hin bewegt werden kann, um dem Fadenkreuze ganz genau die erforderliche Lage in der senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs stehenden, den Brennpunkt schneidenden Ebene zu geben. Die Art und Weise, wie nach Wollastone höchst feine Metallfäden hergestellt werden, ist übrigens folgende. Man erzeugt einen dünnen Silberdraht, indem man einen dünnen Silberstab durch immer engere Oeffnungen hindurchzieht. Schliesslich durchbohrt man diesen Silberdraht in der Richtung seiner Axe, so dass die Oeffnung etwa ein Zehntel des ganzen Durchmessers beträgt und giesst sie mit Gold aus. Dann zieht man den Silberstab mit dem darin enthaltenen Goldfaden immer weiter aus, so dass man, wenn der Silberdraht $^1/_{500}$ Zoll Dicke erreicht hat, die Dicke des Golddrahtes $^1/_{5000}$ Zoll beträgt. Um diesen letztern von der Silberhülle zu befreien, legt man ihn einige Minuten in Salpetersäure, dann wird das Silber aufgelöst, während das Gold unverändert bleibt. Wollastone ist es auf diesem Wege gelungen, Drähte von nur $^1/_{18000}$ Zoll Dicke herzustellen, die indess mit blossem Auge gar nicht mehr sichtbar sind. Er schlug daher vor, an den Endpunkten ein wenig Silber übrig zu lassen, damit man den Draht hier anzufassen vermöge. Statt der Fäden aus Spinnwebe oder Metall bringt man auch wohl eine Glasplatte, auf welcher höchst feine Linien eingeritzt sind, in den Brennpunkt des Fernrohrs.

Ueber den eigentlichen ersten Ursprung, d. h. über die Umstände, unter denen das erste Fernrohr zu Stande gebracht wurde, herrscht trotz aller Nachforschungen noch immer grosse Dunkelheit.

Einige erzählen, die Kinder des Middelburger Brillenschleifers Johann Lippershey oder Laprey, wie ihn Borelli nennt, hätten

mit mehreren Brillengläsern gespielt und bei dieser Gelegenheit zufällig zwei derselben in einer gewissen Entfernung hintereinander, auf den nahen Kirchthurm gerichtet. Da sie ihn bedeutend grösser erblickten, hätten sie ihren Vater hierauf aufmerksam gemacht, der dann der ganzen Sache weiter nachspürte. Andere erzählen, es sei eines Tages ein Fremder zu Lippershey gekommen und habe sich einige Gläser von der Art, wie man sie jetzt an den gewöhnlichen Fernrohren findet, bestellt, nach einigen Tagen sei er zurückgekehrt um die Glaslinsen abzuholen, bei welcher Gelegenheit er dieselben auf einen benachbarten Thurm gerichtet und nach diesem hingeschaut habe. Dann sei er fortgegangen, Lippershey habe einen ähnlichen Versuch mit andern Gläsern gemacht und sei hierbei höchst erstaunt gewesen, weit entfernte Gegenstände ganz nahe zu erblicken. Wie dem aber auch sei, durch von Swindens Nachforschungen in den Archiven von Haag, ergibt sich, dass Hans Lippershey am 2. Oktober 1608 den Generalstaaten eine Eingabe überreichte, in welcher er um ein Patent auf 30 Jahre, so wie um eine jährliche Pension anhielt für eine Erfindung, wodurch man, wie Mitgliedern der Generalstaaten bewiesen worden, in die Ferne sehen könne. Zwei Tage später liessen die Generalstaaten das eingereichte, 1½ Fuss lange Instrument prüfen und diese Prüfung fiel nach der am 6. Oktober abgegebenen Erklärung der Experten, ganz zu Gunsten der neuen Erfindung aus; nur wünschte man, Lippershey möge das Instrument der Art vervollkommnen, dass man mit beiden Augen hindurchsehen könne. Zwei Monate später hatte der Optiker diese Aufgabe gelöst und am 13. December gab eine aus den Herren van Dorth, Magnus und van der Aa zusammengesetzte Commission die Erklärung, dass das Instrument gut sei und dem Lande Nutzen bringen werde. Dennoch erhielt Lippershey kein Patent; man begnügte sich, ihm drei Doppelfernrohre für den Preis von 900 Gulden abzukaufen und liess sich übrigens auf Nichts ein, „da schon viele Andere von der Erfindung Kenntniss erhalten hätten."

Nahe um dieselbe Zeit, nämlich am 17. October, empfingen die Generalstaaten ebenfalls eine Eingabe eines gewissen Jakob Adriaansz, in welcher dieser erklärte, er sei seit zwei Jahren durch Nachdenken und Fleiss auf die Erfindung eines Instrumentes gekommen, wodurch man sehr entfernte Gegenstände so genau betrachten könne, wie wenn sie in der unmittelbaren Nähe wären. Das dieser Eingabe beigelegte Instrument sei zwar ein schlechtes und nur zur Probe gesandt, dennoch leiste es nach dem Urtheile Sr. Excellenz des Stadthouders und mehrerer anderer Personen ganz eben so viel wie dasjenige, welches kürzlich ein Bürger aus Middelburg vorgelegt habe. Er bitte daher um ein Patent auf die Dauer von 22 Jahren. Auf letzteres gingen aber die Generalstaaten nicht ein.

Was den Brillenmacher Zacharias Jansen in Middelburg, denselben, welcher gegen Ende des 16. Jahrhunderts das zusammengesetzte Mikroscop erfand, anbetrifft, so hat man diesen mit Unrecht eine lange Zeit hindurch als den ersten Erfinder des Fernrohrs betrachtet, obgleich er der ganzen Sache durchaus fremd bleibt. Erst im Jahr 1610

erfahren wir durch das Zeugniss des Grafen Borelli, dass Jansen im Besitze von Fernrohren sei, die er auf irdische Gegenstände prüfte; aber um diese Zeit war die ganze Erfindung schon weltbekannt und wahrscheinlich hat Jansen nur nach den ihm bekannt gewordenen Vorschriften die Verfertigung eines Fernrohres versucht. Schon im Herbste 1608, also kaum einige Wochen nach der ersten Eingabe von Lippershey, bot ein Belgier dem markgräflich Anspach'schen Geheimen Rathe Fuchs von Bimbach zu Frankfurt am Main ein Fernrohr zum Kaufe an. Im April des folgenden Jahres verkaufte man schon in Paris Fernrohre, denn im Journale des Pierre L'Estoile heisst es: „Als ich am 30. April 1609, in Paris über den Pont Marchand ging, blieb ich bei einem Brillenhändler stehen, der mehreren Personen Augengläser von neuer Erfindung und neuem Gebrauche vorzeigte. Diese Instrumente bestanden aus etwa 1 Fuss langen Röhren, die an den beiden Enden Gläser trugen, die jedoch von einander verschieden geformt waren; mit ihrer Hülfe konnte man ferne und nur dunkel sichtbare Gegenstände sehr deutlich wahrnehmen."

Im folgenden Monate erschien die erste Arbeit Galilei's über das Fernrohr. Der berühmte italienische Physiker war damals Professor in Padua und hatte im Frühjahre eine unbestimmte Nachricht über die in Holland gemachte Erfindung erhalten. Da er nichts Genaueres wusste, so bemühte er sich durch Versuche die Construction des Fernrohres zu errathen und sagt darüber selbst:

„Ich dachte mir, dass das Instrument, dessen Bau ich wieder auffinden wollte, entweder aus einem oder aus mehreren Gläsern zusammengesetzt sein müsse. Aus einem Glase konnte es indess nicht sein, denn die Gestalt desselben hätte entweder so beschaffen sein müssen, dass das Glas in der Mitte dicker oder dünner als an den Rändern gewesen sei, oder aber es hätte von zwei ebenen Flächen begrenzt sein müssen. Gläser dieser letzteren Form ändern indess die Gegenstände in keiner Weise; ein concaves oder in der Mitte hohles Glas verkleinert aber alle Objekte, ein convexes, d. h. in der Mitte gewölbtes Glas vergrössert sie, lässt dieselben aber undeutlich und verschwommen erscheinen. Demnach kann keines dieser beiden Gläser für sich allein die beobachtete Wirkung erzeugen. Schliesslich fand ich, dass man durch geschickte Combination eines convexen und eines concaven Glases das gewünschte Ziel erreicht."

Das erste Fernrohr Galilei's vergrösserte nur vier mal, auch später konnte er niemals über eine 32malige Vergrösserung hinausgehen. Der berühmte Physiker zögerte nicht, seine „Erfindung", wie er schrieb, der Republik Venedig anzubieten. Der Senat dieser Stadt, welcher der Ueberzeugung war, dass der Gebrauch des Fernrohrs seinen Kriegsschiffen von bedeutendem Nutzen sein würde, beschloss sofort, Galilei seinen Lehrstuhl zu Padua auf Lebenszeit mit einem Gehalt von 1000 Gulden zu verleihen.

Bis jetzt war übrigens die Wirkungsweise der Glaslinsen noch gänzlich unbekannt. Die hauptsächlichsten ersten Entwicklungen verdanken wir Kepler und besonders Huygens, der auch zugleich die

ersten grösseren Fernrohre construirte. Die Brennweiten seiner Objectivgläser betrugen 12 bis 34 Fuss und die angewandten Vergrösserungen gingen bis etwa 100mal. Campani lieferte etwas später Fernrohre von 17 Fuss Länge, die am Himmel eine 150malige Vergrösserung betrugen. Ein von Auzout zu Stande gebrachtes Objectiv besass eine Brennweite von 300 Fuss und vergrösserte 600mal. Diese riesenmässige Länge machte es unmöglich, Objectiv und Okular in eine feste Röhre einzuschliessen, vielmehr brachte man das Objectiv im Garten der pariser Sternwarte auf hohen Masten oder einem Holzgerüste an; der Beobachter nahm das Okularglas in die Hand, hielt dasselbe vor das Auge und hatte sich nun so zu placiren, dass er gleichzeitig durch das Objectiv den zu untersuchenden Himmelskörper wahrnehmen konnte. Welche Schwierigkeiten sich bei solchen Beobachtungen einstellten, leuchtet ein. Alles dies führte bald darauf, sich nach einem Ersatze für die Objectivgläser umzusehen. Gregory war der Erste der 1663 vorschlug, metallische Hohlspiegel, welche das Licht in einen bestimmten Brennpunkt zurückwerfen, bei Fernrohren anzuwenden. Dieser Vorschlag wurde 1674 von Hooke zuerst praktisch ausgeführt und die so construirten Spiegeltelescope oder Reflectore fanden schnell Eingang bei den Astronomen. Der berühmte Astronom Bradley wies nach, dass ein Newton'scher Reflector von 5 Fuss Länge dem 123 Fuss langen Refractor von Huygens weit überlegen sei. Die Einrichtung der Spiegeltelescope ist in dem betreffenden Artikel nachzusehen.

Im Jahre 1758 kam John Dollond nach vielen und mühesamen Versuchen mit der Construction eines Refractors zu Stande, dessen Objectiv aus Flint- und Crownglaslinsen bestand und durchaus farblose Bilder lieferte. Diese Dollond'schen Achromate von höchstens 3 bis 4 Fuss Länge verschafften sich bald auf den Sternwarten Eingang, weil sie leichter und bequemer als Spiegeltelescope waren und auch in praktischer Weise mit Messinstrumenten verbunden werden konnten. Die optische Kraft der Spiegeltelescope erreichten sie nicht. Diese Refractore mussten zudem auf kleinere Dimensionen beschränkt bleiben, weil es unmöglich war, ein vollkommen reines, allenthalben gleich dichtes Glas für ihre Objective, in grösseren Dimensionen herzustellen.

Guinand in La Chaux de Fonds bei Genf, war der Erste, dem es gelang, das erforderliche Flintglas in grösseren Dimensionen brauchbar herzustellen. Fraunhofer in München vervollkommte das Verfahren wesentlich und stellte bald Objective und Refractore in einer Vollendung und optischen Kraft dar, wie sie die Welt bis dahin nie gesehen. Im Jahre 1824 vollendete er den grossen Refractor für die Dorpater Sternwarte. Derselbe besitzt ein Objectiv von 9 Zoll Durchmesser und 13⅓ Fuss Brennweite. Wie viele gleichzeitige Beobachtungen ergeben, ist der Dorpater Refractor dem berühmten Herschel'schen zwanzigfüssigen Telescope weit überlegen, was Schärfe und Deutlichkeit der Bilder anbelangt. Nach Fraunhofer's Tode wurde das von ihm begonnene durch Merz und Mahler, später durch G. und S. Merz fortgesetzt. Die Bereitungsweise des zu den Objectiven die-

nenden Glases wird als tiefes Geheimniss bewahrt und kein Stück desselben in rohem Zustande abgegeben. Während aber Fraunhofer's grösste Objective 9 Zoll Durchmesser nicht überschritten, gingen seine Nachfolger schon bald weiter und liefern gegenwärtig Fernrohre selbst von 18 Zoll Objectiv-Durchmesser. Unter den von ihnen hergestellten Instrumenten nimmt dasjenige der Sternwarte zu Pulkowa einen hervorragenden Rang ein. Es besitzt 14 Zoll Oeffnung und 21 Fuss Brennweite. Die Lichtstärke und optische Kraft dieses Instrumentes ist so gross, dass es gelang, durch dasselbe alle 8 Monde des Planeten Saturn gleichzeitig zu erblicken, was dem ältern Herschel niemals gelang. Das Instrument verträgt sehr gut Vergrösserungen bis zu 2000mal. Ein Fernrohr von ähnlichen Dimensionen besitzt die Sternwarte zu Cambridge in Nordamerika. Zu Elchies in Morayshire (Schottland) befindet sich ein Münchener Refractor von 11 Zoll Oeffnung, in Cincinnati (Nordamerika) ein solcher von 10½ Zoll Oeffnung, dessen Anschaffung 1842 durch freiwillige Beiträge ermöglicht wurde. Die Sternwarte zu Kopenhagen besitzt ebenfalls ein Fernrohr von 10½ Zoll Objectiv-Oeffnung und 15 Fuss Brennweite; die angewandten Vergrösserungen variiren zwischen 95 und 1185 mal. Das Instrument ist dem berühmten Dorpater an optischer Kraft weit überlegen. Ein prachtvolles Fernrohr von 15 Zoll Oeffnung und 21 Fuss Brennweite hat neuerdings die Sternwarte zu Lissabon erhalten.

Ausser der berühmten Münchener Anstalt in Deutschland, haben in Frankreich Cauchoix und Lerebours grössere Telescope geliefert. Von dem Ersteren ist besonders ein grosses Telescop, welches sich in Rom befindet, zu nennen, von dem Letztern mehrere in Paris befindliche. Doch sind besonders diese letztgenannten Instrumente, gegenüber den Münchner, in vielfacher Beziehung mangelhaft. Ganz kürzlich haben die Herren Cook und Sohn in York einen Refractor von 25 Zoll Objectiv-Oeffnung und 32 Fuss Brennweite für einen Herrn Newall in Gateshead vollendet. Wenn dieses Instrument den gehegten Erwartungen entspricht, so würde es für die Welt der Nebelflecke und Doppelsterne, nicht minder wie für die Untersuchung der Sonne und der Planeten Ungemeines leisten können. Der Besitzer beabsichtigt auf Madeira ein Observatorium zu errichten und dort das Instrument aufzustellen.

Was die Preise der grossen Refractore anbelangt, so haben sich diese gegen früher beträchtlich verringert, sie müssen jedoch noch immer als sehr bedeutend betrachtet werden. Der 9zöllige Berliner Refractor kostete 20,000 Thaler, gegenwärtig liefert das optische Institut in München einen Refractor von 14 Zoll Oeffnung, 21 Fuss Brennweite mit einem Stundenkreise von 17 Zoll Durchmesser von Secunde zu Secunde in Zeit und einem Declinationskreise von 24 Zoll Durchmesser von 4 zu 4 Secunden in Bogen getheilt, mit 15 Okularen von 140 bis 2000maliger Vergrösserung, 5 Mikrometern, 2 Sonnengläsern etc. für 40,000 Gulden. Ein Objectivglas von 5 Zoll Durchmesser kostet 400 Gulden, ein solches von 10 Zoll 4000 Gulden.

Ferrer, Don José Joaquin de, gest. 1818 in Bilbao, Officier in

spanischen Diensten, verweilte behufs astronomischer Ortsbestimmungen lange in Westindien und Nordamerika, schrieb über die Sonnen- und Mondparallaxe und beobachtete die totale Sonnenfinsterniss von 1806, wobei er die Protuberanzen in Gestalt von im Sonnenscheine liegenden Wolken erblickte.

Feuerkugel, Bolide, werden die von Zeit zu Zeit plötzlich am Himmel auftauchenden Meteore genannt, welche unter sehr rascher Fortbewegung schnell an Grösse und Glanz zunehmen, bisweilen fast den scheinbaren Monddurchmesser erreichen und fast immer unter heftigem Getöse explodiren. Dieses Letztere und ihre Grösse unterscheidet sie von den Sternschnuppen.

Bisweilen, aber keineswegs immer, lassen die explodirenden Feuerkugeln compacte Massen auf den Erdboden herabfallen, welche man Meteorite (s. d.) nennt.

Feuerkugeln sind sehr häufig und seit den ältesten Zeiten wahrgenommen worden, aber man sah sie früher mehr als Produkte unserer Atmosphäre, als schwefliche, durch irgend einen Umstand in Brand gerathene Massen an, wie als himmlische Körper. Der neuern Zeit gebührt das Verdienst, zuerst die wahre Stellung der Feuermeteore im grossen Haushalte der Natur erkannt zu haben. Hiernach gehört ihre Betrachtung in die Astronomie und nicht in die Meteorologie.

In welchem Maasse neuerdings die Aufmerksamkeit auf die Beobachtung der Feuermeteore hingelenkt ist, zeigt am besten die folgende Zusammenstellung der in den einzelnen Jahren seit 1800 gesehenen Feuerkugeln.

Jahr.	Zahl der gesehenen Feuerkugeln.	Jahr.	Zahl der gesehenen Feuerkugeln.
1800	3	1825	26
1801	4	1826	18
1802	1	1827	9
1803	10	1828	4
1804	6	1829	6
1805	7	1830	5
1806	5	1831	10
1807	3	1832	15
1808	8	1833	8
1809	4	1834	9
1810	4	1835	13
1811	2	1836	11
1812	8	1837	15
1813	5	1838	8
1814	9	1839	21
1815	5	1840	22
1816	9	1841	41
1817	10	1842	22
1818	14	1843	19
1819	14	1844	35
1820	12	1845	30
1821	21	1846	53
1822	33	1847	41
1823	15	1848	59
1824	14	1849	55

Jahr.	Zahl der gesehenen Feuerkugeln.	Jahr.	Zahl der gesehenen Feuerkugeln.
1850	66	1859	35
1851	17	1860	22
1852	22	1861	38
1853	8	1862	67
1854	33	1863	66
1855	20	1864	87
1856	15	1865	35
1857	20	1866	44
1858	31		

Chladni, der Erste, welcher den Feuermeteoren seine besondere Aufmerksamkeit zugewandt, charakterisirt die allgemeine äussere Erscheinung der am Himmel auftauchenden Meteore kurz gefasst in folgender Weise. Als erstes Anzeichen erblickt man einen leuchtenden Punkt oder auch ein kleines helles Wölkchen, aus welchem schliesslich ein leuchtender Körper hervortritt. Dieser bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, welche derjenigen der Planeten meist gleichkommt. Nach und nach vergrössert sich dieser Körper und bildet eine Funken und Rauch aussendende feurige Kugel. Gewöhnlich zieht die Feuerkugel einen Schweif nach sich, der aus sich zuspitzenden Flammen und Rauch besteht, bisweilen auch noch kleine, die Feuerkugel begleitende Theile derselben Masse enthält, woraus der Hauptkörper besteht. Die Feuerkugel zerspringt meist unter donnerartigem Getöse in mehrere kleinere Theile, die selten sich noch einmal theilen. Am Tage ist es meist erst der Donner, welcher das Platzen der Kugel begleitet, der die Aufmerksamkeit auf sich zieht; alsdann erblickt man nur noch das mit der Kugel auftretende Wölkchen.

Nicht immer scheinen indess die Feuerkugeln zu zerplatzen, wenigstens gibt es Fälle genug, in welchen die Kugel wieder verschwand, ohne dass die Erscheinung den eben beschriebenen normalen Verlauf nahm.

Professor Clark in Cambridge und einige andere Personen gingen am 6. Februar 1818, um 2 Uhr Nachmittags, nahe bei der Universität spazieren, als sie nach Norden zu ein sehr grosses, leuchtendes Meteor sahen, welches vertical vom Scheitelpunkte gegen den Horizont herabstieg und auf diese Weise einer durch die Schwerkraft zur Erde fallenden Masse glich. Der Himmel war damals vollkommen rein und die Sonne schien mit ihrem vollen Glanze. Das Meteor verschwand, bevor es die Dünste erreicht hatte, womit der Horizont im Norden bedeckt war; auf seiner ganzen Bahn liess es einen Streifen leuchtender Punkte hinter sich. Dasselbe Meteor wurde nahe bei Swaffham in Norfolk gesehen. Auffallend ist die Sichtbarkeit leuchtender Streifen auf seiner Bahn, trotz des hellen Sonnenscheins.

Die Helligkeit, welche die Feuerkugeln rings umher verbreiten, ist in vielen Fällen eine auffallend bedeutende. Am 27. December 1857, 2 Stunden 25 Minuten nach Mitternacht, zog über Quenggouk bei Bassein in Pegu eine Feuerkugel herauf, welche die ganze Gegend umher taghell erleuchtete. Das Meteor zersprang übrigens mit donner-

ähnlichem Knalle. Die grosse Feuerkugel, welche am 3. December 1861 über einen Theil von Mitteldeutschland hinwegzog, verbreitete in einer Entfernung von nahezu 10 Meilen einen Glanz, welcher den des Vollmondes noch übertraf. Professor Heis, der den Lauf dieser Feuerkugel genau untersuchte, berechnete nach einer in Berlin gemachten Beobachtung, dass die Lichtintensität dieses Meteors jene einer gewöhnlichen Glasflamme um das achtundsechzig millionenfache übertraf. Eine ähnliche Feuerkugel, welche am 4. März 1863 in Holland, Deutschland, Belgien und England gesehen wurde und über welche Heis, dem die Meteorkunde bereits so Vieles verdankt, von allen Seiten Nachrichten eingezogen, zeigte ein solch' intensives Licht, dass ein Beobachter in Boppard, über 30 Meilen vom Heerde der Erscheinung entfernt, auf kurze Zeit das ganze zu seinen Füssen liegende Rheinthal durch dieselbe viel heller erleuchtet sah, wie durch das Mondlicht. Als Professor Heis sich persönlich nach Holland in denjenigen District begab, über welchem nach seinen Berechnungen die Feuerkugel zerplatzt war, hörte er nicht mehr von einem „grossen Feuerball" oder von einer „grossen leuchtenden Kugel" sprechen, sondern die Bewohner redeten nur von dem „grossen Himmelsfeuer". Das Meteor strahlte hier in so gewaltiger Helligkeit, dass die meisten Beobachter gar nicht im Stande waren, genau die Richtung anzugeben, nach welcher dasselbe verschwand.

Die Farbe dieser Meteore ist verschieden. Eine am 5. December 1825 gegen 5 Uhr Abends in Berlin gesehene Feuerkugel von der Grösse des Vollmondes, besass ein mattes röthliches Licht. Am 13. September 1824 sah man in Petersburg in der Richtung nach Südwest eine kleine Feuerkugel von hellblauer Farbe, welche unter einem Winkel von 35 Grad nach dem Boden hinabging. Der lange leuchtende Schweif, welcher der Kugel folgte, hatte ebenfalls eine blaue Färbung. Eine Explosion wurde nicht vernommen. Am Abende des 27. November desselben Jahres zeigte sich im Beraumer Kreise in Böhmen ein Feuermeteor von der scheinbaren Grösse des Vollmondes, das die ganze Gegend hell erleuchtete. Die Ränder desselben erglänzten in bläulichem Lichte. Am Morgen des 12. Januar 1835 sah man in der Umgegend von Cherbourg eine Feuerkugel von der scheinbaren Grösse des Vollmondes, welche mit purpurfarbenem bis röthlichem Lichte leuchtete. Das Meteor fiel unter donnerähnlichem Krachen 12 Meilen von Cherbourg nieder. Eine Feuerkugel, deren Licht als hellgrün angegegeben wird, wurde am 18. April zu Dessau beobachtet. Die grosse Feuerkugel, vom 17. December 1857, besass eine gelblichgrüne Farbe.

Ein Meteor von rother Farbe zerplatzte am 11. August 1862 in der Nähe einer Ortschaft Shythal, wenige englische Meilen nördlich von der Stadt Dakka in Bengalen. Am 23. November 1863 wurde in der Gegend von Bremen ein prachtvolles Meteor gesehen. Dasselbe erschien als Feuerkugel, senkte sich gegen die Erde herab und zersprang, wobei das Feuer nach allen Seiten hin sprühte. Nach einer Minute hörte man einen starken Knall, gleich einem Kanonenschuss, dem mehrfach wiederholt ein Knattern wie Gewehrfeuer, von wieder-

hallendem Rollen begleitet, folgte. In der Luft erblickte man da, wo das schussartige Geräusch erschallte, rothe und weisse Lichtstreifen ziehen und an deren Seiten Wolken, wie Rauch aussehend. Man kann die Frage aufwerfen: Ist die Verschiedenheit der Farben wirklich der Feuerkugel eigenthümlich, also objectiv, oder liegt sie nur im Auge des Beobachters, ist sie also subjectiver Natur? Ein äusserst helles, weisses Licht erscheint bei einige Augenblicke andauernder Betrachtung nicht mehr weiss, sondern weissbläulich, eine Thatsache, von welcher man sich durch momentanes Aufblicken auf die Sonne oder starkes elektrisches Licht überzeugen kann und ebenso ist es bekannt, dass manche Menschen durchaus keine Unterscheidung für gewisse Farben haben, während wieder andere seltsamer Weise bestimmte Farben verwechseln und z. B. Grün für Blau ansehen und umgekehrt. In der That zeigen auch mehrere Beobachtungen unter denjenigen über die grossen Feuerkugeln vom 3. März 1861 und vom 4. März 1863 solche Unterschiede in Schätzung der Farbe. Das erste dieser beiden Meteore wurde an neun Orten von blauer Farbe geschildert, an einem Orte grün, an fünf Orten weiss; über das zweite schwanken die Angaben gleichfalls zwischen blau, grünlich, tiefgelb und roth. Was von diesen Angaben der Wirklichkeit zugehört und was nicht, ist sehr schwer zu entscheiden.

Was die Gestalt der Feuerkugeln anbelangt, so ist diese meist rund, scheibenförmig, bisweilen auch elliptisch. Es sei hier noch beiläufig bemerkt, dass die meisten Beobachter solcher Erscheinungen die scheinbare Grösse der Feuerkugel nach einem bestimmten Maassstabe, Fuss, Zoll etc. auszudrücken pflegen. Dergleichen Angaben haben aber keinen Werth, da z. B. ein Gegenstand von der Grösse eines Zolles in geringer Entfernung vom Auge grösser erscheint, wie ein solcher von der Länge eines Fusses in bedeutender Distanz. Angaben über die scheinbare Grösse irgend eines Gegenstandes, müssen sich daher immer auf den Winkel beziehen, den derselbe umspannt. Daher ist die Grösse einer Feuerkugel hinreichend bestimmt, wenn der Beobachter sie mit dem scheinbaren Durchmesser des Mondes vergleicht, nicht aber, wenn er dieselben etwa ein, zwei oder drei Fuss schätzt.

Bisweilen zeigen sich die Feuerkugeln mit einem mehr oder minder ausgedehnten und hellen Dunstkreise umgeben, wie z. B. das Meteor von Cherbourg (1835). In den meisten, wahrscheinlich sogar in allen Fällen aber bildet der eigentliche Meteorit nur den kleinsten Theil des Feuerballes, welcher von der Erde aus wahrgenommen wird. Nicht selten gehen kleinere Theile von der das Ganze umhüllenden Feuermasse aus. Am 17. März 1784 sah man in Berlin und Neu-Strelitz eine von West nach Ost ziehende Feuerkugel, von der sich während des Fluges kleine Theile ablösten. Sie schienen an der Stelle zu verbleiben, wo sie sich abgelöst hatten und verschwanden nach einigen Augenblicken. Ein am 29. März 1848 zu Oderberg gesehenes weissblaues Meteor, löste sich ohne hörbares Geräusch in kleinere Theile auf, die sofort verschwanden. Die Feuerkugel vom 17. December 1857 theilte sich in vier Stücke.

Einige Meteore zerplatzen ohne Detonationen, wie z. B. die am 13. November 1849 in Rostock, Wismar, Jever und Oldenburg gesehene grosse Feuerkugel. Bei weitem die Meisten verursachen beim Zerspringen indess ein Getöse, welches in vielen Fällen als von furchtbarer Stärke geschildert wird; so ein am 16. März 1822 um 10 Uhr 5 Minuten Abends in Richmond (Virginien) gesehenes Meteor; der am 14. Juli 1860 um 2 Uhr 14 Minuten Nachmittags bei Dhurmsala im Panjab niedergefallene Meteorit; der am 3. Februar 1860 um 11 Uhr 45 Minuten Morgens beim Dorfe San Giuliano vecchio in der Nähe von Alessandria gefallene Aerolith, dessen Detonationen man in Alessandria, Mailand, Novi, Toskana und Novara vernahm. Die Detonation des grossen Meteors vom 4. März 1863 wurde über 30 Meilen weit vernommen. — Die Feuerkugeln ziehen bei ihrem Laufe durch die Lüfte meist einen mehr oder minder glänzenden Schweif von konischer Form nach sich. Die Länge der Schweife ist verschieden. Die Farbe der Schweife ist meist weiss oder roth, nicht selten phosphorartig. Bei hellem Himmel zeigt er sich als weissgraue Rauch- oder Nebelmasse, wie bei dem Meteor, welches am 28. Juni 1862 an vielen Orten der Schweiz gesehen wurde. Am 21. October 1863 sah man in Leipzig eine Feuerkugel, welche einen grünlichgelben, schliesslich in Funken sich auflösenden Schweif nach sich zog. Die Feuerkugel vom 17. December 1857 besass einen glänzend rothgelben Schweif; ebenso war der Schweif des Meteors vom 3. Februar 1856 von feuerrother, gegen das Ende zu aber schwarzrother Farbe. Die hellblaue Feuerkugel, welche am 13. September 1824 in Petersburg gesehen wurde, besass einen langen leuchtenden Schweif von derselben Färbung. Doch scheint die Farbe des Schweifes nicht immer mit derjenigen der Kugel selbst übereinzustimmen. Uebrigens gilt hiervon das Nämliche, was bereits über die Farben der Meteore gesagt wurde: die meisten Beobachter stimmen in ihren Angaben nicht überein, sei es nun, dass die Färbung sich wirklich ändert, oder aus Ursachen, welche der Individualität des Beobachters ihr Entstehen verdanken, oder endlich, wie es am wahrscheinlichsten ist, aus beiden Gründen.

In neuester Zeit hat man begonnen, die Schweife im Fernrohre zu verfolgen und hierdurch sehr überraschende Resultate in Beziehung auf die Sichtbarkeit und die seltsamen Gestaltveränderungen, welche dieselben zeigen, erhalten. Die Beobachtungen ergeben, dass die Dauer der Sichtbarkeit des Schweifes (wenigstens für das blosse Auge) durchaus nicht im Zusammenhange steht mit dem Glanze oder der Farbe der Feuerkugel selbst; es gibt sehr glänzende Meteore, deren, bisweilen langer Schweif, schon nach einigen Secunden erlöscht, während derselbe bei weniger glänzenden Feuerkugeln Minuten lang sichtbar bleibt. Man hat früher wohl bisweilen angenommen, dass der Schweif der Feuerkugeln nur eine subjective Erscheinung, eine im Auge des Beobachters entstehende Täuschung sei, hervorgerufen durch den schnellen Flug des glänzenden Meteors. In der That scheint diese Annahme für den ersten Augenblick gar manches für sich zu haben. Schwingt man ein Stück glühender Kohle rasch im Kreise herum, so erblickt

man den ganzen Weg, welchen dasselbe in der Luft beschreibt, durch einen feurigen Streifen bezeichnet; dieser Feuerstreifen ist demnach nicht objectiv, reell, sondern seine Existenz ist nur eine scheinbare. Indessen zeigt schon der Umstand, dass die Dauer des Lichteindrucks der Meteorschweife nicht von der Farbe und Intensität der eigentlichen Feuerkugel abhängig scheint, dass die Meteorschweife nicht durch Täuschung im Auge des Beobachters hervorgerufen werden, sondern dass sie reell sind. Eine weitere Bestätigung erhält diese Ansicht durch Art und Weise des Verschwindens derselben. Der Schweif der Oderberger Feuerkugel vom 29. März 1848 erlosch nur äusserst langsam und zwar von den beiden Enden gegen die Mitte hin, welche letztere nahezu eine halbe Stunde sichtbar blieb. Den Schweif der Feuerkugel vom 8. Dezember 1847 sah Heis während 50 Secunden abwechselnd an Lichtstärke verlieren und zunehmen. Solches schon beweist, dass die Erscheinung der Schweife keinem subjectiven Lichteindrucke im Auge des Beobachters ihr Dasein verdanken kann und dieser Beweis wird weiter unterstützt durch die wunderbaren Formen und Gestaltungen, welche der, dem blossen Auge schon entschwundene Schweif im Fernrohre zeigt, ebenso wie die lange Zeitdauer, während welcher er auf diese Weise noch verfolgt werden kann. Schweife, die für das blosse Auge schon nach wenigen Secunden verschwanden, sind bisweilen im Fernrohre bis zu $^1/_2$ Stunde sichtbar geblieben. Die geradlinigte Gestalt derselben geht dann meist in eine gekrümmte, wellenförmige oder auch mehr oder minder elliptische Form über, bis schliesslich das Ganze zu einer Art feinem Gewölk wird, welches nach und nach verschwindet.

Es wurde bereits oben bemerkt, dass durchaus nicht alle wahrgenommenen Feuerkugeln explodiren und ihre Bestandtheile auf die Erde herniederstürzen, dass aber dieser letztern Fälle dennoch durch die Jahrhunderte hindurch eine grosse Anzahl festgestellt worden, während ein kurzsichtiger Skepticismus solche Thatsachen, deren ursächlicher Zusammenhang mit andern Naturerscheinungen er nicht zu enthüllen vermochte, lange Zeit hindurch unbeachtet liess. Der herniedergefallene Meteorstein bietet uns die einzige Gelegenheit Körper zu betasten, chemisch zu untersuchen, die aus unbekannter Ferne auf die Erde herabsteigen. Er bietet uns zugleich einen schönen Beweis für die Einheit und Gleichmässigkeit, welche in der ganzen Natur herrscht. Denn noch nie hat bis jetzt die chemische Untersuchung von Aërolithen ergeben, dass diese Körper enthielten, welche unserer Erde fremd wären. Eine grosse Anzahl derselben chemischen Elemente, welche man auf Erden kennt, sind auch als Bestandtheile der Meteoriten erkannt worden: Sauerstoff, Kohlenstoff, Phosphor, Schwefel, Kiesel, Aluminium, Magnesium, Calcium, Kalium, Natrium, Eisen, Kupfer, Blei, Zinn, Arsen, Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan und ausser diesen wahrscheinlich noch Molybdän und Titan. Aber die Verbindungen dieser Elemente in verschiedenen Meteormassen sind sehr von einander abweichend. Das Vorherrschen oder theilweise Fehlen von gediegenem Eisen hat Veranlassung gegeben, die Aërolithen in Eisen-

meteorite und Steinmeteorite einzutheilen, ob diese Eintheilung gleichwohl in völliger Strenge sich nicht durchführen lässt, vielmehr ein allmäliges Uebergehen aus der einen in die andere Klasse statthat. Das Niederfallen von Meteoriten der ersten Klasse ist bis jetzt nur sehr selten beobachtet worden. Einer der am genauesten beobachteten Fälle dieser Art, ist der Meteoreisenfall von Braunau. Am 14. Juli 1847 sah man an diesem Orte, an dem im übrigen reinen Himmel, eine kleine dunkele Wolke, einige Minuten später wurde sie feurig roth und sandte blitzartige Feuerstreifen nach allen Richtungen hin aus, dann nahm sie ihre dunkele Farbe wieder an und verschwand allmälig. In dem Orte Hauptmansdorf sah man aus dieser Wolke eine dunkele Masse herniederfallen. Sie wühlte sich 3 Fuss tief in die Erde. Ihr Gewicht betrug 42 Pfund und sie besass die Gestalt eines mit sechseckförmigen Vertiefungen überdeckten, unregelmässig vierseitigen Prisma's von eisengrauer Farbe. Wie die meisten Aërolithen, zeigte sie eine dünne, graulich schwarze Rinde. Eine andere kleinere Masse war nicht weit davon durch das Dach eines Hauses gefallen, ihr Gewicht betrug 30½ Pfund. So viel mir bekannt, sind bis jetzt nur 8 bis 10 Fälle von Meteoreisen mit mehr oder minder grosser Wahrscheinlichkeit wirklich beobachtet worden. Dahingegen gibt es eine bedeutende Anzahl von Eisenmassen, welche unzweifelhaft meteorischen Ursprungs sind, deren Niederfallen auf den Erdboden indess nicht direct beobachtet worden. Hier drängt sich sofort die Frage auf: Gibt es untrügliche Kennzeichen für die meteorische Natur solcher Massen oder kann dieselbe nur mit grösserer oder geringerer Sicherheit als solche vermuthet werden? Streng genommen, muss eigentlich der letzte Theil dieser Frage bejaht werden. Obgleich tellurisches gediegenes Eisen sich nur als grosse Seltenheit an einzelnen Orten findet (Minas Geraës, Clermont-Ferrand, Guilford), so können doch manche der aufgefundenen Massen Kunstproducte sein, wie z. B. die Masse von Wolfsmühle bei Thorn, welche nach Karsten meteorischen, nach Rose indess tellurischen Ursprungs und in der That Kunstproduct ist. Ein sichereres Criterium bildet der Nickelgehalt der Massen, indessen zeigen doch auch einzelne wenige Meteormassen keine nachweisbare Legirung von Eisen und Nickel.

Im Jahre 1808 entdeckte v. Widmannstätten, dass abgeschliffene Stellen von Meteoreisen, sobald sie mit Salpetersäure geätzt werden, eigenthümliche, unter verschiedenen Winkeln sich schneidende Linien zum Vorschein treten lassen, und die Entdeckung dieser Widmannstättschen Figuren schien für den ersten Augenblick ein untrügliches Kennzeichen meteorischer Massen abgeben zu können. Die Beweiskraft ist aber, wie sich später gezeigt, nur eine positive, keine negative, indem in allen Fällen, wo die bezeichneten Figuren sichtbar werden, die behandelte Masse zwar unzweifelhaft meteorischen Ursprungs ist, während indess ein Nichthervortreten derselben noch keinen Schluss auf tellurischen Ursprung gestattet, indem auch selbst bei nachweislichen Meteoriten in gewissen Fällen keine Figuren hervortreten.

Ungleich häufiger wie das Herabfallen von Meteoreisen sind Meteorsteinfälle beobachtet worden, wie bereits bemerkt. Zieht man indess die als Meteoriten erkannten, auf der Erde gefundenen Eisenmassen mit in Betracht, so gestaltet sich das Verhältniss der Meteor-Eisenmassen zu den Steinmeteoriten wesentlich anders. Am leichtesten gelangt man wohl zu einer näherungsweisen Zahl für jenes Verhältniss, wenn man die Anzahl der Exemplare der beiden Klassen in den grössern Mereoriten-Sammlungen mit einander vergleicht, wobei allerdings der Umstand eintritt, dass viele Localitäten in den verschiedenen Sammlungen zugleich vertreten sind. Das britische Museum besitzt unter 158 Localitäten 94 Meteorsteine und 64 Meteoreisen. Dass Verhältniss der letzteren zur ersten Klasse ist demnach ungefähr gleich 1 : 0,7. In Wien befinden sich unter 176 Localitäten 113 Meteorsteine und 63 Meteoreisen, das obige Verhältniss ist hier etwa 1 : 0,6. Unter den 153 Meteoriten des mineralogischen Museums der Berliner Universität finden sich 63 Eisen- und 90 Steinmeteorite, so dass die ersteren 1 : 0,7 der Sammlung ausmachen. Es scheint hiernach doch, dass die Zahl 0,7 überhaupt als Verhältnisszahl der Eisen- zu den Steinmeteoriten anzusehen ist.

In dem Vorhergehenden wurden die Eigenthümlichkeiten, welche die Aërolithen zeigen, von ihrem Auftreten als feurige Kugel hoch am Himmelsgewölbe bis zu ihrem Niederstürzen auf den Erdboden und ihrer Zusammensetzung aus Elementen, welche nicht der Erde fremd erscheinen, besprochen. Es verbleibt nun, die kosmischen Verhältnisse dieser Meteore zu betrachten und die Frage zu erörtern: woher stammen die Aërolithen und wie gelangen sie plötzlich in unsern Gesichtskreis?

Hierzu ist erst vor Allem nothwendig, die Bewegung dieser Meteore im Raume, während ihrer Sichtbarkeit, näher zu untersuchen. Es bedarf wohl nicht der Bemerkung, dass aus der scheinbaren Bewegung dieser Körper, wie sie irgend einem Beobachter erscheint, durchaus nicht auf ihre wahre Bewegung, die Länge des durchlaufenen Weges und ihre Höhe über dem Erdboden geschlossen werden kann. Solches zu bestimmen, sind mindestens zwei gleichzeitige Beobachtungen an zwei möglichst von einander entfernten Orten angestellt, nothwendig. Gegenüber den vielen unbrauchbaren, nicht selten trivialen Angaben über solche Meteore, wie man sie sehr oft in Zeitungen zu Gesicht bekommt, scheint es nicht überflüssig, hier kurz zusammenzustellen, worauf ein zufälliger Beobachter einer Meteorerscheinung seine Aufmerksamkeit zu richten hat, damit seine Angaben für die Wissenschaft verwendbar seien. Es ist dies:

1) Angabe der Winkelhöhe für Anfangs- und Endpunkt der scheinbaren Bahn des Meteors, sowie der Richtung dieser Punkte in Beziehung auf die Weltgegenden. Trifft einer dieser Punkte zufällig mit irgend einem feststehenden Gegenstande, einem Baume, dem First eines Hauses oder dergleichen zusammen, so lässt sich die Winkelhöhe berechnen, wenn die Höhe des Punktes, den das Meteor scheinbar traf, und die Entfernung desselben Gegenstandes vom Beobachter angegeben werden kann. Wird ein Meteor am nächtlichen Himmel be-

merkt, so genügt die Angabe des scheinbaren Weges, welchen dasselbe unter den Sternen verfolgte.

2) Angabe der Zeit, welche das Meteor gebrauchte, um seine Bahn zu durchlaufen, sowie Zeitangabe der ersten Sichtbarkeit.

3) Schätzung der scheinbaren Grösse, wobei am besten der Mond zum Vergleich genommen wird. Die scheinbare Grösse in Fussmaass oder dergleichen anzugeben ist widersinnig.

4) Angabe über die äussere Erscheinung im Allgemeinen: Farbe, Schweif, Helligkeit etc.

5) Wenn das Meteor plötzlich zerplatzte oder über dem freien Horizonte verschwand, beachte man, ob hierauf keine Detonationen folgen, sowie wie viele Minuten und Secunden zwischen diesen und dem Verschwinden des Meteors verflossen.

Die vielfältigsten Beobachtungen haben nun ergeben, dass die Höhen, in welchen die Feuerkugeln gewöhnlich sichtbar werden und zerplatzen, äusserst verschieden, immer aber nach Meilen zu berechnen sind. Es ist mir nicht bekannt, dass jemals ein Meteor in einer Höhe zerplatzte, die geringer wie eine geographische Meile gewesen. In solchen Höhen ist die Atmosphäre äusserst verdünnt, aber die planetarische Geschwindigkeit, mit welcher sich die Aërolithen bewegen, vermag durch Zusammendrückung der in der Verlängerung der Fluglinie liegenden Luftsäule dennoch eine intensive Licht- und Wärmeentwicklung hervorzurufen. Nach Reichenbach's mathematischer Entwicklung vermag ein Meteor, welches mit einer Geschwindigkeit von 10 Meilen in der Secunde die oberen Lufträume durchschneidet, selbst wenn dort eine Temperatur von 30° C. Kälte angenommen wird, eine Wärmeentwicklung von 5178° C. zu verursachen. Der Widerstand der Luft ist es auch, welcher das Zerplatzen der Meteore nothwendig zur Folge hat. In einer Höhe von etwa $2\frac{1}{2}$ geographischen Meilen würde ein Meteorit, dessen Geschwindigkeit 10 Meilen beträgt, auf jeden Quadratzoll seines Querschnittes einen Druck von 77 Centnern auszuhalten haben, in dreifach grösserer Höhe würde der Druck nur noch etwas mehr als 3 Centner betragen. Diesen Druck vermag ein Meteorstein zwar leicht auszuhalten, dennoch aber giebt es Beispiele, dass Meteore bei bedeutend geringerer Schnelligkeit in grösseren Höhen über dem Erdboden platzten. Dieser Punkt ist bis jetzt noch nicht aufgeklärt; andererseits aber ist die Frage ebenfalls noch unbeantwortet, auf welche Weise in Höhen, wo die Atmosphäre eine verschwindend geringe Dichtigkeit besitzt, Schallphänomene entstehen können, von solcher Intensität, wie sie beim Platzen vieler Feuerkugeln wahrgenommen werden. Der Schall kann nur entstehen und sich fortpflanzen, wo hinreichend dichte Luftschichten vorhanden sind; dieses aber ist in Höhen von 7—10 Meilen nicht mehr der Fall. Um so auffallender sind daher die gewaltigen Detonationen mancher Meteorite, von denen die Berechnung zeigt, dass sie in solchen Höhen platzten. Gegenüber dem, was wir bis jetzt über die Constitution unserer Atmosphäre wissen und über die äussersten Schichten derselben mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen dürfen, bliebe zur Erklärung

dieser Detonationen nur die Annahme, dass die Beobachtungen der betreffenden Meteore nicht genau genug, die daraus für die Höhe berechneten Resultate also nicht sicher sind.

In der That ergiebt auch in vielen Fällen, wo eine hinreichend grosse Anzahl von Beobachtungen eines Meteors die Fehlerhaftigkeit jeder einzelnen in Beziehung auf das Endresultat weniger fühlbar macht, die Rechnung für die Höhe, in welcher der Aërolith platzte, mässige Resultate. Aber auch hier zeigen sich Ausnahmen, so dass man bis jetzt durchaus noch nicht mit Sicherheit zu bestimmen vermag, in welcher Weise die besprochenen Detonationen zu Stande kommen können.

Es ist hier bei Besprechung der Bewegung der Meteorite noch der Ort, der sonderbaren Abweichungen von der geraden Fluglinie zu erwähnen, welche einige Meteore, die sogenannten Caprae saltantes zeigen. Eine solche Feuerkugel, welche 1740 in Toulon gesehen wurde, hob und senkte sich in ihrer Bahn und zerplatzte nach einem deutlichen Rücksprunge. Diese Erscheinung hat aller Wahrscheinlichkeit nach in Gasausströmungen ihren Grund, welche die Explosion begleiteten, wie dies u. A. eine am 14. December 1807 in Weston (Nordamerika) gesehene Feuerkugel deutlich zeigte, welche bei dreimaliger Explosion hinreichend unterscheidbare Sprünge machte. — Nachdem die grosse Höhe, in der die meisten Meteore sichtbar werden, sowie ihre planetarische Geschwindigkeit festgestellt worden, ist die selbst heut zu Tage noch hin und wieder auftauchende Meinung, dass die Aërolithen ihre Existenz irdischen Feuerbergen verdankten, sie also identisch mit den sogenannten vulkanischen Bomben seien, leicht als irrthümlich nachzuweisen. Es ist noch kein Beispiel beobachtet worden, wo unsere Vulkane Körper bis zu jenen enormen Höhen emporzuschleudern vermochten. Auch an Mondvulkane hat man mehrfach gedacht und die Bedingungen theoretisch erörtert, unter welchen diese Steine bis in den Bereich unserer Erde herabzuschleudern vermöchten. Aber abgesehen von der, trotz verminderter Schwere, auch hier noch nöthigen ungeheuren Kraft, um einen Stein mit planetarischer Geschwindigkeit der Erde nahe fortzutreiben, spricht schon der Umstand, dass man niemals im Monde thätigen Vulkanismus bemerkt hat, sehr gegen eine solche Annahme. Ein weiterer Einwurf erwächst aus der unverkennbaren Periodicität in dem Sichtbarwerden der Feuerkugeln.

In Beziehung auf die Jahreszeiten vertheilen sich 1162 beobachtete Meteore dieser Art wie folgt:

Januar — März . . .	266
April — Juni . . .	209
Juli — September .	300
October — Dezember .	387

Diese Periodicität beweist zwar an und für sich noch Nichts gegen den selenitischen oder tellurischen Ursprung der Meteormassen; sie gewinnt vielmehr dann erst Wichtigkeit, wenn man bemerkt, dass die sogenannten Sternschnuppen, jene kleinen, in gewissen Nächten der letzten Jahreshälfte oft zu Tausenden am Himmel dahinschiessenden Sterne, genau die nämliche Periodicität in ihrer Häufigkeit

zeigen. Für diese Meteore steht aber der kosmische Ursprung als erwiesen da; Feuerkugeln und Sternschnuppen aber sind ein und dieselbe Klasse von Körpern, die sich nur in ihrer Grösse von einander unterscheiden.

Demnach steigen die Feuerkugeln aus den Tiefen des Weltraumes, durch die Erde angezogen, zu uns hernieder; sie sind nicht einzeln im Raume zerstreut, sondern durchschneiden denselben in Schwärmen zusammen fortziehend. Berücksichtigt man die constante, an gewisse Zeiten gebundene Häufigkeit dieser ganzen Klasse von Meteoren (der Sternschnuppen und Feuerkugeln), so erkennt man mit Erstaunen selbst in diesen, dem ersten Anschein nach zufälligen Phänomenen, durch die Jahrhunderte hindurch das Walten unabänderlicher, kosmischer Gesetze. Immer andere Stellungen im Raume nimmt unser Centralkörper mitsammt allen seinen Planeten ein und hierdurch werden nach Jahrtausenden immer neue und neue Meteorschwärme für unsern Gesichtskreis auftauchen.

Es ist mehr als wahrscheinlich, dass die Meteorite ursprünglich zu jenen ungeheuren kometenähnlichen Sternschnuppenschwärmen gehörten und sich von diesen, durch Anziehungskräfte getrieben, trennten, um selbständig ihre Bahnen zu durchlaufen.

Man hat mehrfach versucht, die Anzahl der jährlich auf den Erdboden stürzenden Meteorite näherungsweise zu berechnen, indem man von der Zahl der innerhalb eines bestimmten Landes beobachteten ausging. Nach Reichenbach's Angaben erhält man für die ganze Erdoberfläche jährlich etwa 4—5000 Meteorfälle, was 12—15 derselben für jeden Tag macht. Es ist aber kaum nöthig hinzuzufügen, dass diese numerische Schätzung eine sehr gewagte, gewissermaassen nur eine Vermuthung ist.

Untersucht man die Zeiten, zu welchen Meteorite niederfielen, genauer, so erkennt man bald, dass dieses Niederfallen nicht zu allen Stunden des Tages gleich häufig sich ereignet. Haidinger hat im Jahre 1860 eine Zusammenstellung der Zeiten des Niederfallens für 178 Meteoritenfälle gegeben. Es ist die folgende:

Tagesstunde.	Zahl der Meteoritenfälle.	Tagesstunde.	Zahl der Meteoritenfälle.
0— 1 Uhr	9	12—13 Uhr	1
1— 2 „	11	13—14 „	3
2— 3 „	11	14—15 „	2
3— 4 „	19	15—16 „	2
4— 5 „	18	16—17 „	4
5— 6 „	9	17—18 „	5
6— 7 „	6	18—19 „	13
7— 8 „	10	19—20 „	5
8— 9 „	5	20—21 „	7
9—10 „	1	21—22 „	5
10—11 „	0	22—23 „	23
11—12 „	5	23—24 „	
von 0—12 Uhr	104	von 12—24 Uhr	74

Die Zahl der Meteoritenfälle in den Nachmittagsstunden ist also weit bedeutender als diejenige der Vormittagsstunden. Schiaparelli hat zuerst und mit grossem Scharfsinne die Ursache dieser Erschei-

nung enthüllt. Nach seinen Rechnungen sind die äussersten Gränzen der Geschwindigkeit, welche ein in die Atmosphäre eintretendes Meteor besitzen kann im Maximum 71,250 Meter,
im Minimum 16,482 „

Nach bekannten Gesetzen der Mechanik verhält sich aber bei gleichen Massen die lebendige Kraft der Bewegung wie das Quadrat der Geschwindigkeit, also bei den schnellsten Meteoren im Vergleich zu denjenigen, welche sich mit der Minimalgeschwindigkeit bewegen, wie 18,8 zu 1. Diese lebendige Kraft ist es aber, die in Folge des Widerstandes der Atmosphäre in Licht und Wärme umgesetzt wird. Ein Meteor, das sich mit dem Maximum der Geschwindigkeit bewegt, wird also unter gleichen Verhältnissen 18,8mal soviel Licht und Wärme erzeugen, als ein solches, das sich mit dem Minimum der Geschwindigkeit bewegt, es wird sich aber auch um so schneller verzehren und hierdurch also im Allgemeinen höher über dem Erdboden erscheinen, als die Sternschnuppen von geringerer Geschwindigkeit. Wenn die Geschwindigkeit der Meteore sich auf den fünfzigsten Theil ihrer jetzigen Minimalgeschwindigkeit vermindern könnte, so würden sie alle auf den Erdboden gelangen. Unter den thatsächlich stattfindenden Verhältnissen werden aber die meisten Meteore bei ihrem Durcheilen der atmosphärischen Schichten gänzlich zerstört und nur von wenigen fallen Reste als Aërolithen zur Erde herab. Die Zerstörung ist natürlich um so vollständiger, je grösser die Geschwindigkeit der Meteore, und diejenigen mit geringer relativer Geschwindigkeit, deren Radiationspunkte also dem Apex (dem Punkte, nach dem sich die Erde hin bewegt) gerade entgegengesetzt liegen, werden die meisten Aërolithen liefern. In der That ergeben die Zusammenstellungen der Meteoritenfälle, nach Tagesstunden, dass in den Nachmittagsstunden die Zahl derselben weit bedeutender ist als Vormittags. Wäre die Atmosphäre nicht vorhanden, so würde unsere Erdoberfläche einem fortwährenden Bombardement von Meteoren ausgesetzt sein.

Finsternisse nennt man diejenigen Himmelserscheinungen, bei denen der leuchtende Vollmond ganz oder zum Theile auf eine gewisse Zeit verschwindet, weil er in den Schatten der Erde tritt; oder aber bei denen die Sonnenscheibe ganz oder zum Theil auf eine kurze Zeit unsichtbar wird, weil sich die undurchsichtige Mondscheibe zwischen sie und das Auge des Beobachters stellt. Die erste Art von Erscheinungen werden Mondfinsternisse, die letzte Sonnenfinsternisse genannt. Ausserdem zeigen im Fernrohre auch noch die Monde des Jupiter periodisch Verfinsterungen.

Wenn die Sonne acb die Erde dc'e bescheint, so wird letztere, da sie nur von der Sonne ihr Licht empfängt und kleiner ist als diese, einen kegelförmigen Schatten deg hinter sich in den Weltraum werfen, dessen wahre Länge 186,000 Meilen beträgt, und dessen Spitze in der Zeichnung (Fig. 25, pag. 165) bei g liegt. Der Mond bewegt sich in einer elliptischen Bahn um die Erde, und seine grösste Entfernung von dieser übersteigt nicht 55,000 Meilen, dazu ist seine Bahn nur wenig gegen die Ebene der Erdbahn (in welcher die Axe

des Erdschattens liegt) geneigt. Er kann daher, wie man leicht sieht, von Zeit zu Zeit in den Erdschatten eintauchen und muss alsdann, weil er kein eignes Licht besitzt, im Schatten der Erde, wo er von keinem Sonnenstrahle getroffen wird, unsichtbar werden. Taucht er ganz in den Erdschatten, so entsteht eine totale Mondfinsterniss, taucht er nur zum Theil in denselben, so entsteht eine partiale Mondfinsterniss. In der Entfernung, in welcher der Mond den Erdschatten schneidet, besitzt dieser letztere fast einen dreifach grösseren Durchmesser als der Mond und letzterer kann daher mehrere Stunden in den Schatten eingetaucht sein. (Vergl. auch Halbschatten und Kernschatten.)

Der Schatten der Erde befindet sich natürlich stets auf der der Sonne genau entgegengesetzten Seite, demnach kann auch der Mond

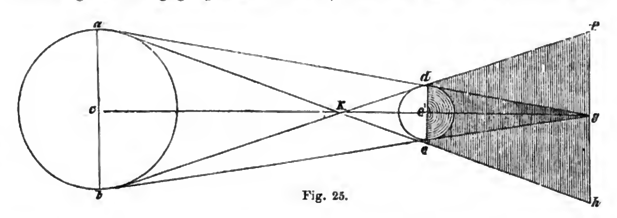


Fig. 25.

nur in den Erdschatten treten, wenn er sich auf der, der Sonne entgegengesetzten Seite befindet, d. h. eine Mondfinsterniss kann nur zur Zeit des Vollmondes sich ereignen. Allein nicht jeder Vollmond ist von einer Mondfinsterniss begleitet, und zwar deshalb nicht, weil der Mond sich in einer Bahn bewegt, deren Ebene einen gewissen Winkel mit der Ebene der Erdbahn macht. Die Mondbahn durchschneidet die Erdbahn in zwei einander gegenüberstehenden Punkten, welche Knotenpunkte genannt werden. Steht der Mond in einem seiner Knotenpunkte, so steht er also gleichzeitig auch in der Ebene der Ekliptik. Wenn daher eine Mondfinsterniss stattfinden soll, so wird dies geschehen: 1) zur Zeit des Vollmondes und 2) wenn der Mond gleichzeitig in einem seiner Knoten steht. Allein der Erdschatten besitzt, wie bereits bemerkt, eine gewisse Breite, d. h. einen Durchmesser senkrecht zur Ebene der Erdbahn, er ragt über diese nördlich und südlich um etwa $1\frac{1}{2}$ Monddurchmesser hinaus. Der Mond kann daher schon in den Bereich des Schattens gerathen, ehe er die Ebene der Erdbahn erreicht, d. h. ehe er ganz genau in einem seiner Knotenpunkte steht. Von der Erde aus gesehen erscheint der Halbmesser des Erdschattens in der mittleren Mondentfernung unter einem Winkel von ungefährt $\frac{3}{4}^0$. Wenn daher der Vollmond der Ebene der Erdbahn schon auf $\frac{3}{4}^0$ nahe gekommen ist, so beginnt er schon in den Erdschatten einzutreten. Die Entfernung des Mondes von der Ebene der Erdbahn hängt aber, wie man leicht einsieht, von seinem Abstande von einem der Knoten ab, denn in den Knoten selbst steht er genau

in der Ebene der Erdbahn, je mehr er sich von einem der Knoten entfernt, um so mehr entfernt er sich auch von der Ebene der Erdbahn, bis er schliesslich in der Mitte zwischen beiden Knoten am weitesten von der Ebene der Erdbahn entfernt ist. Man kann also aus dem Knotenabstande des Mondes zur Zeit des Vollmondes oder der Opposition schliessen, ob eine Mondfinsterniss stattfinden wird oder nicht.

Die Rechnung zeigt nun Folgendes:

Eine totale Mondfinsterniss muss eintreten, wenn der Vollmond bis zu 3° 30′ von einem seiner Knoten entfernt ist. Eine totale Mondfinsterniss kann aber auch noch eintreten, wenn der Knotenabstand bis zu 7° 19′ beträgt.

Eine partiale Mondfinsterniss muss eintreten, wenn der Knotenabstand des Mondes bis zu 7° 47′ beträgt, sie kann noch eintreten, wenn der Knotenabstand 13° 21′ beträgt. In diesen Fällen muss natürlich eine genaue Rechnung darüber entscheiden.

Es wurde oben nur der eigentliche, sogenannte Kernschatten der Erde in Betracht gezogen. Diesen Kernschatten aber umgiebt concentrisch noch ein sogenannter Halbschatten, der allmählich in den Kernschatten übergeht und der alle diejenigen Theile des Raumes umfasst, denen nur ein Theil der Sonnenscheibe durch die Erde verdeckt ist.

Die Grösse der Finsternisse wird dadurch bezeichnet, dass man sich den Durchmesser des verfinsterten Gestirns (also sowohl der Sonne wie des Mondes) in 12 gleiche Theile, Zolle genannt, getheilt denkt und angiebt, wie viele dieser Zolle verfinstert werden.

Die Mondfinsternisse, (ebenso wie die Sonnenfinsternisse) treten nach Verlauf von 18 Jahren und 10 bis 11 Tagen nahezu in derselben Reihenfolge wieder ein, und die Alten benutzten diese Periode, welche die Babylonier Saros nannten, um das Eintreten der Finsternisse vorher zu berechnen. Weil jedoch die Periode nicht ganz streng eingehalten wird, so darf man sich nicht wundern, dass die Vorausbestimmungen der Alten mangelhaft waren und keineswegs mit unsern heutigen Rechnungsmethoden verglichen werden können.

Die Ursache jener 18jährigen Periode besteht übrigens in Folgendem:

Die durchschnittliche Zwischenzeit von einem Neumonde zum andern, der sogen. synodische Monat, beträgt 29 Tage $12^3/_4$ Stunden, so dass ein Sonnenjahr 12 synodische Monate + 11 Tage umfasst. Es würde also, wenn sich die Lage der Mondbahn nicht änderte, beispielsweise eine Sonnenfinsterniss in dem nächsten Jahre um 11 Tage früher wiederkehren. Nun drehen sich aber die Knoten der Mondbahn der Sonne entgegen, so dass diese kein volles Jahr gebraucht, um wieder beim selbigen Knoten der Mondbahn anzugelangen, sondern bloss $346^3/_5$ Tage. Soll also nach Ablauf eines Vielfachen des synodischen Monats eine Finsterniss wiederkehren, so muss dieses Vielfache auch gleichzeitig ein Vielfaches von $346^3/_5$ Tagen sein. Nun sind 223 synodische Monate = $6585^1/_3$ Tage, und 19mal $362^3/_5$ Tage = $6585^2/_5$ Tage. Da ferner $6585^1/_2$ Tage genau 18 Jahre 11 Tage sind, so wiederholen sich also im Allgemeinen die Finsternisse nach Ablauf dieser Zeit in derselben Reihenfolge.

Die Berechnung einer Mondfinsterniss ist sehr einfach, wie dies jetzt gezeigt werden soll; doch muss man gewisse Bestimmungsstücke oder Elemente kennen, welche aus den Mondtafeln entlehnt werden. Die Art und Weise der Berechnung und die Aufzählung der Elemente geschieht am besten an einem bestimmten Beispiele und wähle ich dazu die Mondfinsterniss vom 12. Juli 1870.

Elemente der Mondfinsterniss vom 12. Juli 1870.

Vollmond . . . . Juli 12.	$11^h\ 28^m\ 50^s$ mittl. Berl. Zeit.
Länge des Mondes	290° 17′ 25,2″
Stündl. Bewegung d. Mondes in Länge	+ 34′ 37,4″
Stündl. Bewegung der Sonne in Länge	+ 2′ 23,1″
Breite des Mondes	— 6′ 0,9″
Stündl. Bewegung d. Mondes in Breite	— 3′ 12,0″
Parallaxe des Mondes	58′ 30,5″
„ der Sonne	8,4″
Halbmesser des Mondes	15′ 58,2″
„ der Sonne	15′ 45,3″

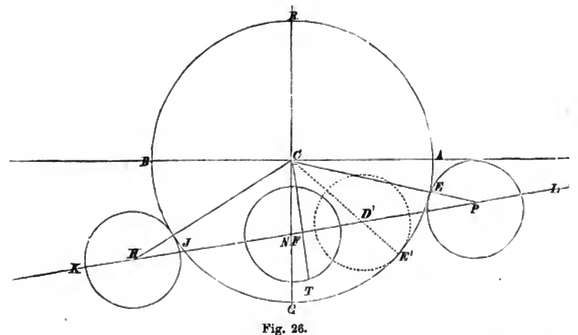


Fig. 26.

Man zeichne um C (Fig. 26.) einen Kreis, dessen Radius CA gleich der Parallaxe des Mondes + der Parallaxe der Sonne — dem Halbmesser der Sonne ist. Es stellt dann CA den Halbmesser des Kernschattens in der Entfernung dar, in welcher der Mond ihn schneidet. Man findet in unserm Beispiele CA = 42′ 53,6″. Errichtet man durch C die Senkrechte RG, und macht CN gleich der Breite des Mondes zur Zeit des Vollmondes, so bezeichnet N den Punkt, wo sich das Centrum des Mondes im Augenblicke des Vollmondes befindet. Man nimmt in dem gewählten Beispiele CN unterhalb der Linie BA, weil die Breite des Mondes südlich ist, bei nördlicher Breite müsste man die Grösse CN in der Richtung CR auftragen.

Man subtrahire die stündliche Bewegung der Sonne in Länge (2′ 23,1″) von der stündlichen Bewegung des Mondes in Länge (34′ 37,4″)

und dividire mit dem übrigbleibenden Reste (32′ 14,3″) die Stundenbewegung des Mondes in der Breite (3′ 12″), der herauskommende Quotient ist die Tangente des Winkels, welchen die relative Mondbahn KL mit der Ebene der Ekliptik BA macht. Man findet jenen Quotienten = 0,09926 und aus jeder trigonometrischen Tafel ist ersichtlich, dass dies die Tangente des Winkels 5° 40′ ist. Da die Bewegung des Mondes in Breite nach Süden gerichtet ist, so hat die relative Mondbahn eine solche Lage, dass sie sich über N hinaus nach links immer mehr von BA entfernt, der Durchschnittspunkt von BA und KL liegt rechts von N.

Man zeichne nun aus C die Gerade CF senkrecht auf KL, so ist F offenbar derjenige Punkt der Mondbahn, der am nächsten bei C, d. h. beim Centrum des Schattens liegt. Wenn der Mond demnach in F steht, so ist er am meisten verfinstert und die Finsterniss hat die Mitte ihrer Dauer erreicht.

Man findet leicht das ∡ NCF = dem Neigungswinkel der relativen Mondbahn ist, also ∡ NCF = 5° 40′. Es ist aber

$$NF = NC \cdot \sin 5^0\,40'$$
$$CF = NC \cdot \cos 5^0\,40'$$

setzt man für NC seinen Werth 6′ 0,9″ (da NC gleich der Breite des Mondes zur Zeit des Vollmondes), so ergiebt sich: NF = 35,6″, CF = 359,1″ (oder 5′ 59,1″).

Man dividire die relative stündliche Bewegung des Mondes in Länge, 32′ 14,3″ (nämlich der oben gefundene Rest, nachdem die stündliche Bewegung des Mondes in Länge von der stündlichen Bewegung der Sonne in Länge abgezogen worden) durch den Cosinus der Neigung der relativen Mondbahn, also durch den Cosinus von 5° 40′, so erhält man die stündliche Bewegung des Mondes in seiner Bahn in Bezug auf das Schattencentrum. Man findet hierfür 1943,8″, also für den Weg, den der Mond in einer Zeitsecunde zurücklegt: $\frac{1943{,}8''}{3600}$ = 0,54″. Da also der Mond in einer Zeitsecunde 0,54 Bogensecunden zurücklegt, so legt er die Strecke NF von 35,6 Bogensecunden in 66 Zeitsecunden zurück. In N aber steht der Mond zur Zeit des Vollmondes, d. h. um $11^h\ 28^m\ 50^s$, also in F $1^m\ 6^s$ früher, die Mitte der Finsterniss hat daher statt $11^h\ 27^m\ 44^s$.

Wenn der Mond in F ist, so befindet sich sein äusserster Rand T offenbar um den Halbmesser des Mondes weiter als F von C entfernt. Die Distanz CF beträgt, wie wir oben fanden 5′ 59,1″, der Mondhalbmesser aber 15′ 58,2″, die Linie CT ist also = 5′ 59,1″ + 15′ 58,2″ = 21′ 57,3″. Nun ist CG, wie wir fanden = 42′ 53,6″, d. h. gleich dem Schattenhalbmesser. Der Mond steht daher zur Zeit der Mitte der Finsterniss tief im Schatten, er wird ganz verfinstert, die Finsterniss ist total.

Suchen wir nun Anfang und Ende der Finsterniss.

Wenn der Mondmittelpunkt in P steht, so berührt der Mondrand in E gerade den Schatten, die Finsterniss nimmt also ihren Anfang. Man hat aber CP = CE + EP, also = Schattenhalbmesser + Mond-

halbmesser = 42′ 53,6″ + 15′ 58,2″ = 58′ 51,8″. Ferner ist CF = 5′ 59,1″ und senkrecht auf FP. Dividirt man daher CF durch CP, so erhält man den Cosinus des Winkels FCP, und wenn man diesen Winkel in einer trigonometrischen Tafel aufsucht, dort seinen Sinus nimmt und mit demselben die Länge CP multiplicirt, so erhält man das Stück FP der Mondbahn, welches der Mond vom Anfange bis zur Mitte der Finsterniss zu durchlaufen hat. Man findet ∡ FCP = 84° 10′ und daher FP = 3514″. Da sich nun der Mond, wie wir oben gesehen haben, in jeder Zeitsecunde um 0,52 Bogensecunden in der Richtung von P nach F hin fortbewegt, so gebraucht er, um die Strecke FP zu durchlaufen, $1^h\ 48^m\ 27^s$, er steht also $1^h\ 48^m\ 27^s$ früher in P als in F., d. h. die Finsterniss überhaupt beginnt um $11^h\ 27^m\ 44^s - 1^h\ 48^m\ 27^s = 9^h\ 39^m\ 17^s$ mittlerer Berliner Zeit. Die nämliche Zeit, welche der Mond gebraucht, um die Strecke FP zu durchlaufen, gebraucht er natürlich auch, um die gleich grosse Strecke HF zu durchlaufen. Das Ende der Finsterniss überhaupt findet daher statt um $11^h\ 27^m\ 44^s + 1^h\ 48^m\ 27^s = 13^h\ 16^m\ 11^s$ mittlere berliner Zeit.

Der Anfang der totalen Finsterniss hat natürlich statt, sobald der letzte Punkt E′ der Mondscheibe in den Schatten tritt. Die Entfernung des Mondcentrums D′ vom Schattencentrum C ist in diesem Falle = CE′ — D′E′, also gleich dem Halbmesser des Schattens — dem Halbmesser des Mondes. Aus der Linie CD′ und CF findet man wieder ganz wie oben den Winkel FCD′, hieraus die Grösse der Linie FD′ und schliesslich aus dieser die halbe Dauer der totalen Verfinsterung, also, da die Zeit der Mitte bekannt ist, auch Anfang und Ende derselben.

Wir haben oben die Grösse des Kernschattens der Erde so bestimmt, wie sie die Theorie ergiebt, in Wirklichkeit ist der Schattendurchschnitt aber breiter als er der Theorie nach sein sollte. Diese Vergrösserung ist bei verschiedenen Finsternissen verschieden und beträgt im Mittel etwa $^1/_{60}$, so dass um diesen Betrag der theoretisch gefundene Werth vergrössert werden muss. Dass hierdurch auch die Dauer (nicht aber die Zeit der Mitte) der Mondfinsterniss beeinflusst resp. vergrössert wird, ist klar. Wäre in der obigen Berechnung die Vergrösserung des Schattenhalbmessers berücksichtigt worden, so würde sich für den Anfang der Finsterniss überhaupt $9^h\ 38^m$, für das Ende $13^h\ 18^m$ mittl. Berl. Zeit ergeben haben. Die Ursachen der Vergrösserung des Schattens sind in den tieferen Schichten der Erdatmosphäre zu suchen.

Um auch die Erdregionen zu bestimmen, in denen die obige Mondfinsterniss sichtbar ist, verfährt man, unter Zuhülfenahme eines Erdglobus in folgender Weise. Der Anfang der Finsterniss hatte statt um $9^h 39^m$ mittl. oder $9^h 34^m$ wahrer Berl. Zeit. Man erhebe, da die Declination des Mondes südlich ist und 22° zur Zeit der Mitte der Finsterniss beträgt, den Südpol des Erdglobus um 22° über den Rand des Gestells; bei nördlicher Declination hätte man den Nordpol über den Gestellrand zu erheben. Man bringe nun den Ort, nach dessen Zeit man die Finsterniss berechnet hat (Berlin), unter den Messingmeridian

des Globus und zwar in der untern Hälfte des letztern. Die obere Hälfte des Globus stellt dann die Nachtseite, die untere die Tagseite der Erde dar, für den Moment, wo es in Berlin genau 12^h Mittags ist. Ueber dem höchsten Punkte der obern Hälfte des Globus steht jetzt der Mond und senkrecht unter dem untersten Punkte die Sonne. Man drehe nun den Globus um $9^h\ 34^m = 143\frac{1}{2}^0$ von West nach Ost. Als Berlin unten unter dem Messingkreise stand, stand mit ihm hier der Längenkreis von 31^0, oben derjenige von 211^0 unter dem Messingkreise des Globus. Dreht man jetzt den Globus um $143\frac{1}{2}^0$ von West nach Ost, so kommt der Meridian von $67\frac{1}{2}^0$ unter den Globus. Das ist nun die östliche Länge desjenigen Ortes, in dessen Scheitelpunkt der Mond zu Beginn der Finsterniss steht; die geographische Breite dieses Ortes ist aber gleich der Declination des Mondes zur Zeit des Anfangs der Finsterniss. Dieser Anfang selbst aber wird von allen Orten auf der obern Hälfte der Erdkugel gesehen werden, von den Orten am Westrande bei Mondaufgang und Sonnenuntergang, von den Orten am Ostrande bei Monduntergang und Sonnenaufgang. Die übrigen Orte sehen den Mond zur Zeit des Anfangs um so höher über dem Horizont, je näher sie dem Ort liegen, in dessen Scheitelpunkt der Mond steht.

Diejenigen Orte, welche das Ende der Finsterniss sehen, finden sich auf die eben gezeigte Weise gleichfalls leicht. Zieht man für den Anfang der Finsterniss um den Globus einen Kreis, welcher die Nachtseite von der Tagseite trennt, ebenso für das Ende, so ist der beiden Kreisen gemeinschaftliche Theil der Erdoberfläche derjenige, welcher die Finsterniss ganz, von Anfang bis zu Ende sieht.

In unserm obigen Beispiele findet man, dass die Finsterniss während ihres ganzen Verlaufes in Europa und Afrika, der Anfang in Asien und Australien, das Ende in Amerika sichtbar war.

Die Mondfinsternisse sind wirkliche Verdunkelungen, die allenthalben, wo sie überhaupt sichtbar sind, in dem nämlichen Momente wahrgenommen werden. Mit den Sonnenfinsternissen ist dies anders. Nach der obigen Erklärung derselben entstehen sie bloss durch eine zeitweise Verdeckung der leuchtenden Sonnenscheibe in Folge des Davortretens des Mondes. Diese Verdeckungen sind aber weder für alle Orte der Erdoberfläche, die überhaupt etwas davon sehen, gleich gross, noch treten sie zu gleicher Zeit ein, vielmehr bildet hier die relative Lage jedes Ortes einen wichtigen Factor, der berücksichtigt werden muss. Die Berechnung einer Sonnenfinsterniss ist daher auch ungleich schwieriger als diejenige einer Mondfinsterniss, weshalb an dieser Stelle nicht näher darauf eingegangen werden kann.

Man unterscheidet bei den Sonnenfinsternissen ausser totalen und partialen, noch ringförmige, d. h. solche, bei denen im Momente der Mitte der Finsterniss noch ein schmaler leuchtender Ring der Sonnenscheibe sichtbar bleibt. Dies findet natürlich dann statt, wenn der Mondmittelpunkt sich über den Mittelpunkt der Sonnenscheibe hinwegschiebt und gleichzeitig der scheinbare Monddurchmesser kleiner als der scheinbare Sonnendurchmesser ist.

Sonnenfinsternisse können nur zur Zeit des Neumondes eintreten, doch ist nicht jeder Neumond von einer Sonnenfinsterniss begleitet, aus dem nämlichen Grunde, aus welchem, wie oben gezeigt wurde, nicht jeder Vollmond eine Mondfinsterniss bringt. In einem Jahre können niemals mehr als 7 Finsternisse, aber auch niemals weniger als 2, diese dann immer an der Sonne, auftreten. Für die Erde im Ganzen finden mehr Sonnen- als Mondfinsternisse statt, aber für jeden einzelnen Ort der Erde findet das Umgekehrte statt.

Die Sonnen- und Mondfinsternisse spielten besonders im Alterthume und im Mittelalter, so lange und wo man ihre wahre Ursache nicht kannte, eine höchst bedeutende Rolle. Sie treten in der Geschichte häufig gleichzeitig auf mit wichtigen politischen Ereignissen und die eingeschränkten naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Alten verleiteten dann zwischen diesen verschiedenartigen Erscheinungen Wechselbeziehungen annehmen zu müssen, die freilich, wie wir heute endgültig beurtheilen können, gar nicht existiren. Inzwischen haben jene irrthümlichen Ansichten der Alten wenigstens das Gute gehabt, dass sie uns die Möglichkeit an die Hand geben, für die meisten der historischen Ereignisse, die sich zur Zeit einer Finsterniss ereignet haben, die genaue chronologische Zeitepoche aufzufinden. Denn die heutigen Tafeln der Mond- und Sonnenbewegung sind so genau, dass sie mit vollkommener Sicherheit eine Rückwärtsrechnung gestatten und dadurch ein nur roh angegebenes Datum einer Finsterniss verificiren helfen.

Ich gebe untenstehend — nach Nürnberger — eine Tafel, welche gestattet, die historischen Angaben über die Erscheinung einer Finsterniss leicht und einfach zu prüfen, mögen es nun Sonnen- oder Mondfinsternisse sein.

Tafel zur Prüfung der historischen Angaben von Finsternissen.

Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Tage.	N.	Monate.	N.
1800	187	1835	66	1870	947	1	0	Januar.	0
1801	239	1836	119	1871	1	2	3	Februar.	90
1802	293	1837	174	1872	54	3	6	März.	173
1803	346	1838	227	1873	110	4	9	April.	262
1804	399	1839	281	1874	162	5	12	Mai.	349
1805	454	1840	333	1875	216	6	15	Juni.	439
1806	508	1841	389	1876	269	7	17	Juli.	526
1807	561	1842	442	1877	325	8	20	August.	614
1808	613	1843	496	1878	379	9	23	September.	704
1809	669	1844	549	1879	431	10	26	October.	790
1810	723	1845	604	1880	484	11	29	November.	880
1811	775	1846	658	1881	539	12	32	December.	966
1812	828	1847	711	1882	593	13	35		
1813	884	1848	764	1883	645	14	38		
1814	938	1849	819	1884	698	15	40		

Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Jahr n. Chr.	N.	Tage.	N.	Jahrhundert.	N.
1815	990	1850	873	1885	754	16	43	100	628
1816	43	1851	926	1886	808	17	46	200	257
1817	100	1852	978	1887	861	18	49	300	909
1818	153	1853	34	1888	914	19	52	400	534
1819	205	1854	88	1889	969	20	55	500	159
1820	259	1855	141	1890	23	21	58	600	785
1821	315	1856	194	1891	75	22	61	700	410
1822	368	1857	250	1892	128	23	63	800	35
1823	420	1858	303	1893	185	24	66	900	660
1824	474	1859	356	1894	238	25	69	1000	285
1825	530	1860	409	1895	291	26	72	1100	911
1826	582	1861	465	1896	344	27	75	1200	535
1827	635	1862	518	1897	400	28	78	1300	160
1828	689	1863	571	1898	453	29	81	1400	785
1829	745	1864	624	1899	505	30	83	1500	410
1830	797	1865	680	1900	559	31	86	1600	36
1831	850	1866	732					1700	661
1832	904	1867	786					1800	287
1833	960	1868	839					1900	912
1834	12	1869	895					2000	538

Einrichtung und Gebrauch dieser Tafel sind sehr einfach. Es bedeutet N den Knotenabstand der Sonne in Tausendsteln der Peripherie. Wenn man also 360° in 1000 gleiche Theile theilt, so steht z. B. die Sonne am 1. Januar 1800 um 187 dieser Theile vom nächsten Knoten des Mondes in der Ekliptik entfernt. In den Columnen für Tage, Monate und Jahrhunderte, bedeutet N stets die Veränderung, die mit Bezug auf diese Zeiträume in jenem Abstande vor sich gehen. Zählt man nun für eine bestimmte Zeitepoche die N für die Jahre, Monate und Tage zusammen, streicht die etwa herauskommenden Tausender weg und zieht den Rest von 500, oder wenn er grösser als 500 ist, diese letztere Zahl von dem Reste ab, und es bleibt dann übrig:

a) für Sonnenfinsternisse

zwischen 0 und 38, so ist die Finsterniss gewiss
„ 39 „ 53, „ „ „ zweifelhaft
„ 54 „ 500, „ „ „ unmöglich.

b) für Mondfinsternisse

zwischen 0 und 25, so ist die Finsterniss gewiss
„ 26 „ 35, „ „ „ zweifelhaft
„ 36 „ 500, „ „ „ unmöglich.

Ein Beispiel wird den Gebrauch der Tafel klar machen.

Halley sagte auf Grund der Finsternissperiode eine Sonnenfinsterniss für den 2. Juli 1684 voraus. Um sich davon zu überzeugen, ob diese Finsterniss eintrat oder nicht, benutzt man unsere Tafel wie folgt:

Für 1884 gibt sie . . .	N =	698
Veränderung in 200 Jahren	N =	257
Juli 0	N =	526
Für 2 Tage	N =	3
Summa . . .		1484
abgezogen . .		1000
bleibt . . .		484,

dies von 500 subtrahirt, gibt als letzten Rest 16. Die Finsterniss ist also sicher eingetroffen.

Die Vorausberechner haben aus den Mondtafeln gefunden, dass am 3. Juli 1898 eine in Europa sichtbare Mondfinsterniss eintreten wird. Wir wollen zusehen, was unsere Tafel in dieser Beziehung aussagt.

1898 . .	N =	453
Juli . . .	N =	526
3 Tage . .	N =	6
Summa . .		985,

von 1000 subtrahirt, bleibt als Rest 15. Die Mondfinsterniss ist also nach unserer Tafel sicher.

Wir gehen nunmehr dazu über, die Erscheinungen zu betrachten, welche sich bei den Finsternissen sowohl an der Sonne als am Monde darbieten. In dieser Hinsicht sind hauptsächlich die totalen Sonnenfinsternisse von hohem Interesse. Sobald die Mondscheibe ganz die Sonnenscheibe bedeckt hat, erscheint sie von einer Glorie leuchtender Strahlen umgeben, welche man die Korona nennt; ferner tauchen rings um den Mondrand rothe, flammenartige Erhöhungen auf, die sogenannten Protuberanzen. Da das Speciellere sowohl über die Korona als über die Protuberanzen in den betreffenden Artikeln gegeben wird, so möge hier zur allgemeinen Charakteristik der Erscheinung, ein Auszug aus dem Bericht stattfinden, den Herr Edward Wilson über die letzte totale Sonnenfinsterniss in Nordamerika (am 7. August 1869) und die Bemühungen zur astronomischen und photographischen Beobachtung resp. Aufnahme derselben erstattet hat.

„Die Sonnenfinsterniss hatte bereits im Voraus das lebhafteste Interesse der Photographen und Astronomen erregt. Die glücklichen Erfolge Dr. Vogel's, welcher bekanntlich von der grossen totalen Finsterniss von 1868 die besten Photographien erzielte, erregte in uns den Wunsch, ihm nachzueifern und gemeinschaftlich mit Prof. Morton veranlassten wir zu diesem Zwecke eine Expedition. Der Congress bewilligte dazu 5000 Dollars. Prof. Coffin von dem Nautical Almanac Office in Washington übernahm die astronomischen Arrangements und legte die Vorbereitung der photographischen Arbeiten in die Hände des Prof. Morton. Wir übten uns in Philadelphia in astronomischen Aufnahmen, so oft es uns das Wetter erlaubte, und erst am 2. August traten wir unsere Reise nach dem fernen Westen (Staat Jowa) an. Ein prächtiger neuer Wagen wurde uns von der Pensylvania Central Railroad Company zur Disposition gestellt; in diesem machten wir die 1500 englische Meilen lange Tour von Anfang bis zu Ende. Unsere

Gesellschaft wurde in drei Theile getheilt und diese an verschiedenen weit von einander entfernten Punkten stationirt. Wir hatten dadurch die grössere Wahrscheinlichkeit für uns, dass im Fall schlechten Wetters wenigstens eine der Stationen vom Glück begünstigt sein werde.

Die erste Station in Burlington selbst, hatte ein Teleskop von 9 Fuss Focus und 6 Zoll Oeffnung. Die Beobachter waren: Professor Mayer, Mr. Kendall, Willard, Phillips und Mahoney.

Die zweite Station in Ottumwa, 75 Miles westlich von Burlington, hatte das Teleskop vom Gettysburger Observatorium, 6 Zoll Oeffnung und $8\frac{1}{2}$ Fuss Focus. Die Beobachter waren: Prof. Himes, Mr. Zentmeyer, Moelling, Brown und Backer.

Die dritte Station war Mount Pleasant. Hier war das Universitäts-Teleskop aufgestelll. Die Beobachter waren: Professor Morton, Mr. Wilson, Clifford, Cremer, Ranger und als Amateur Mr. Carbutt.

Wir wurden in Mount Pleasant auf das Freundlichste aufgenommen und erhielten denselben Tag noch Zuzug in den Professoren Watson, Meriman, Van Vleeck, Johnson, Pickering, welche astronomisch-physikalische Beobachtungen machen wollten. Ein Landsitz des Mayors Strawn bot uns den günstigsten Beobachtungsplatz; wir schlugen unser grosses Dunkelzelt dort auf, packten aus und prüften unsere Instrumente; alles stimmte, nur eines fehlte: Sonnenschein.

Mitternacht auf Freitag erschien der Himmel noch bewölkt und es blies eine kalte Nordostbrise. Sonnabend aber hatten wir einen so klaren und wolkenlosen Tag, wie seit Monden nicht und die Sonne schien so hell und warm, dass es fast verwunderlich war, wie sie überhaupt verfinstert werden könnte. Mit leichtem Herzen betraten wir unsern Beobachtungsplatz, wir prüften unsere Instrumente und Chemicalien, alles arbeitete trefflich. Die letzten Stunden vor der Finsterniss boten ein originelles Bild dar. Die Astronomen hatten ihre Rohre bereits eingestellt, wir standen zum Losarbeiten bereit. Ein improvisirter Zaun trennte uns von den unberufenen Zuschauern. Der Contactmoment, wo beide Gestirne zusammentrafen, kam.

Unser Werk begann. Mr. Clifford und Mr. Ranger machten die Platten, Mr. Cremer empfing sie und brachte sie nach dem Teleskop, Prof. Morton schob sie ein und ich exponirte. So standen wir an unseren Posten zusammen, zwei Stunden ununterbrochen arbeitend.

Unser Dunkelzelt war gross und bequem. Zwei Schlitze zu beiden Seiten erlaubten die Cassetten aus- und einzuführen. Das Teleskop war nur 5 Fuss vom Zelt. Der Augenblicksverschluss (den wir bei der partiellen Finsterniss anwendeten) war ein Meisterstück von Mr. Zentmeyer. Die Chemicalien waren die gewöhnlichen in unsern Ateliers üblichen.

Die erste Platte stak bereits im Rohr. Prof. Watson signalisirte uns durch Aufheben der Hand den Expositionsmoment, der Augenblicksverschluss klappte auf und zu und das erste Bild war exponirt. Die Entwicklung ergab ein Bild der Sonne, das wie ein leicht vom

Daumen eingedrückter Apfel aussah. Nun machten wir ununterbrochen Platten in Zwischenräumen von fünf und zehn Minuten bis zur Totalität und von da ab wieder bis zur Trennung der beiden Gestirne.

„Die Totalität kommt in sechs Minuten," rief Prof. Watson und wir wiederholten es für unsere Freunde im Dunkelzelt. Die Platten kamen, die Totalität trat ein; sie dauerte zwei Minuten und achtundvierzig Secunden. Es waren Männer genug zum Arbeiten da, es ging alles vorzüglich und unsere Expedition reüssirte glänzend. Drei von uns waren aber Märtyrer der Wissenschaft, nämlich die Männer in der Dunkelkammer. Es haben mehr Yankees den Niagarafall und die Mammuthhöhle in Kentucky gesehen, als die Finsterniss vom 7. August, und es wird bis 1901 dauern, ehe eine andere sichtbar sein wird, und diese drei Männer arbeiteten wie Helden und sahen nichts von dem grossartigen Phänomen.

Wir gaben uns vergebliche Mühe, den Eindruck zu schildern, den dasselbe auf uns machte. — Wir haben so viele Beschreibungen dieser Naturerscheinung gelesen, mit Photographien derselben in der Hand, dass wir glaubten, die Sache genau zu kennen und doch wie erstaunten wir! Unsere Position am Fernrohr gestattete uns, während unserer Arbeit das Fortschreiten der Finsterniss leicht zu beobachten. Eine Viertelstunde nach Eintritt des Mondes merkte man schon die Abnahme der Helligkeit und nahe vor der Totalität wurde die Luft so viel kühler, dass wir einen Tuchrock an Stelle unseres Leinenkittels zu haben wünschten. Die Luft sah aus, als wollte sich ein Sturm entfalten. Eine Wolkenbank that sich im Süden auf, sie fing an sich zu färben, erst silberweiss, dann grau, dann gelblich, dann glänzend gelbroth. Das Himmelblau ging in verschiedenen Farben über. Unsere Gesichter erschienen uns schwarzgelblich. Wir beobachteten dies alles mit einer gewissen Aufregung wegen der Sorge um unsere Erfolge. Die Totalität kam. Es war dunkel, aber nicht das Dunkel der Nacht. Lesen hätte man nicht können. Es war dunkler ringsum als in einer hellen Mondnacht, doch hell genug, um unsere Arbeit zu verrichten. Einen Moment vor völliger Totalität erschien die schmale Sonnensichel noch ganz blendend, dann erlosch das Licht wie eine abgebrannte Kerze. Da hingen Sonne und Mond, die beiden gewaltigen Gestirne, Face an Face zwischen Himmel und Erde, ein grosser schwarzer runder Fleck, umgeben mit einem glänzenden Lichtkreis von bräunlich goldiger Farbe, hier und da unterbrochen durch die helleren Flecke der fleischfarbenen Protuberanzen von ganz unregelmässiger Grösse und Gestalt und umgrenzt von der herrlichen Korona, welche ihre Strahlen nach allen Richtungen schoss, am schwächsten dort, wo die Protuberanzen am grössten waren, aber alles in Glorie hüllend, wunderbar schön, als wäre der Schöpfer im Begriff, an diesem Wunder seine Allmacht zu zeigen. Alles war still, nur das Zählen der Astronomen und das Schlagen unseres Momentverschlusses unterbrach das Schweigen. Die Erscheinung war wie ein Riesenbild der Laterna magica, aufgefangen auf dem Himmel als Bildschirm. Wir sahen uns um, es erschienen einige Sterne, sie blickten uns fast vorwurfsvoll an. Ein

ähnliches Gefühl erregte in uns das Sichtbarwerden der grossen Protuberanz am unteren Sonnenrande. Vier Platten waren belichtet, da plötzlich erfüllte sich das Wort „es werde Licht" und „es ward Licht" und herausquoll eine mächtige glänzende Fluth von Licht, gleich den stürzenden, schäumenden Niagarawassern. Die Sonne trat hervor wie eine Siegerin aus dem Titanenkampfe und mit Jubel wurde sie von dem ringsum versammelten Volke begrüsst. Immer grösser wurde die Sonnensichel, immer heller und wärmer ihre Strahlen, bis die Tageskönigin wieder in voller Gestalt und Glorie am Himmel stand. Die gewonnenen Negative wurden sofort in Originalgrösse reproducirt.

Wir glauben sagen zu dürfen, dass noch niemals so gute Photographien der Sonne erhalten worden sind.

Nachdem die Finsterniss zu Ende war, machten wir noch einige Stereoskopenbilder von den Expeditionsmitgliedern. Die Befriedigung über den Erfolg ist in jedem Antlitze lesbar.

Am Dienstag darauf trafen wir unsere in Ottumwa stationirte Abtheilung, sie hatte Schwierigkeiten gehabt, indem das grössere Teleskop durch den Transport gelitten hatte. Glücklicherweise war ein Mechaniker mit ihnen und brachte alles in Ordnung. Sie arbeiteten dann mit eminentem Erfolg und gewannen vierzig Negative, davon vier während der Totalität.

Einige Meilen weiter trafen wir auch die Burlington-Abtheilung, und diese war ebenso glücklich gewesen als wir, sie hatte circa vierzig Negative, davon fünf während der Totalität.

Am Freitag Morgen waren wir wieder in Philadelphia.

Ausser unserer Expedition waren nun noch eine Anzahl anderer organisirt worden, die den gleichen Zweck verfolgten. Mr. Edward Curtis, Officiant des Generalstabes, war mit seinen Assistenten in Des Moines, Jowa stationirt und sie haben mit gleichem Erfolge wie wir gearbeitet, nähere Nachrichten fehlen noch.

Die Herren Taylor (Firma Wenderoth) und Taylor & Browne photographirten mit Prof. Abbe vom Cincinnati-Observatorium in Fort Dakotha und erhielten einige Bilder der partiellen Finsterniss, jedoch keines der Totalität.

Prof. Davidson observirte und photographirte zu Alatka.

Die Herren Black von Boston arbeiteten mit vier Assistenten in Springfield in Illinois und gewannen hundert Negative, davon eines während der Totalität und jedes mit genauer Zeitbestimmung per Chronograph.

Mr. Whipple von Boston arbeitete in Shelbyville, Kentucky. Er liefert uns folgenden Bericht:

„Ich benutzte ein Teleskop von 6 Zoll Oeffnung und $7\frac{1}{2}$ Fuss Focus, welches ein Bild von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser lieferte. Am Ocularende des Fernrohrs befand sich ein Kasten zur Aufnahme der empfindlichen Platte von $4\frac{1}{2} + 5\frac{1}{2}$ Zoll, welche zwei Bilder aufnehmen konnte. Der Augenblicksverschluss befand sich vor der Platte, es war ein Schieber mit einem $\frac{3}{16}$ Zoll breiten Schlitz, welcher im Augenblick des Vorbeiziehens einen elektrischen Strom unterbrach und da-

durch die Zeit genau markirte. Das Arrangement war in den Händen des Mr. Dean; Prof. Winlock und A. Clark beobachteten mit dem Spectroskop. Es wurden achtzig Bilder gemacht, sechs während der Totalität. Das beste mit der Korona hatte 40 Secunden Expositionszeit, die anderen 10,5 und 15 Secunden.

Der Tag war brillant, kein Wölkchen am Himmel. Der erste Effect der Bedeckung war eine Lichtverminderung, als wenn Wolken über die Sonne zögen, dann ein unwillkürlicher Kälteschauer, ein aschgraues Ansehen der Gegenstände, dann das Auslöschen des letzten Sonnenstrahles, ein schrecklicher Anblick, nachher jene feierliche Dunkelheit, nur erhellt durch die wundervolle Korona, endlich die Freude beim Wiedererscheinen des Lichtes.

Mr. Jones hatte sich mit einigen Collegen in Davenport, Jowa, aufgestellt. Er führte zwei Fernröhre mit, welche Prof. Leighton in Rock Island construirt hatte. Das eine diente zum Photographiren, das andere zu Ocularbeobachtungen, beide mit einer von Prof. Leighton selbst erfundenen Montur, die der Sonne leicht zu folgen gestattete, ohne dass ein Uhrwerk nöthig war. Prof. Leighton hatte alle Linsen selbst corrigirt und seinen vorzüglichen Leistungen verdanken wir unsern Erfolg. Die Arbeiten wurden durch Mitglieder der Davenport-Akademie dirigirt. Acht Photographen arbeiteten gleichzeitig. Die Expositionszeit betrug bei der partiellen Verfinsterung bei $^5/_8$ Zoll Oeffnung $^1/_{100}$ Secunde. Die Bilder sind die grössten jemals erhaltenen, sie haben über 4 Zoll im Durchmesser. Wir haben zweiundvierzig Bilder gemacht, darunter achtunddreissig gelungene. Von der Totalität erhielten wir nur ein unvollkommenes Bild. Sie dauerte bei uns nur 63 Secunden. Während des grössern Theiles dieser Zeit war Prof. Leighton nicht im Stande, nur das geringste Bild in der Camera wahrzunehmen. Andere Expeditionen, welche in Regionen arbeiteten, wo die Totalität länger dauerte, wissen, dass nur unvollkommene Bilder von dem Glanzpunkte dieses Phänomens erhalten werden können."

Das hauptsächlichste Interesse bei Beobachtung der totalen Sonnenfinsternisse knüpfte sich an die Wahrnehmung der Protuberanzen. Seit indess die Spectralanalyse durch Lockyer's und Janssen's Entdeckung 1868 es ermöglichte, die Protuberanzen zu jeder Zeit sehen zu können, bieten die totalen Sonnenfinsternisse allerdings weniger Interesse mehr dar. Von Wichtigkeit werden sie jedoch stets für Vervollkommnung der Sonnen- und Mondtafeln und für die Bestimmung der geographischen Längen bleiben. —

Die Mondfinsternisse, selbst die totalen, bieten für die Wissenschaft ein weit geringeres Interesse dar, als die Sonnenfinsternisse. Wenn der Mond ganz verfinstert ist, so zeigt er sich meist in einem sehr dunklen, kupferrothen Glanze, statt gänzlich zu verschwinden. Die Ursache dieser Erscheinung ist, wie schon der scharfsinnige Kepler erkannte, darin zu suchen, dass die Lichtstrahlen, welche den Schatten der Erde begränzen sollten, bei ihrem Durchgange durch unsere Atmosphäre gebrochen werden und in den Schatten eindringen. Daher ist auch die rothe Farbe um so düsterer, je näher der Mond dem Schatten-

centrum steht. Nur in einigen wenigen Fällen ist der Mond bei totalen Mondfinsternissen vollkommen verschwunden, so z. B. am 25. April 1642, wo Hevel dies beobachtete, während der Himmel mit funkelnden Sternen bedeckt war.

Die Brechung der Lichtstrahlen in unserer Atmosphäre bewirkt auch, dass bisweilen der verfinsterte Mond gleichzeitig mit der Sonne am Horizont sichtbar ist, natürlich der Sonne gegenüber. Der Theorie der Finsternisse gemäss, kann dies nicht der Fall sein, die Erscheinung ist also nur eine scheinbare, eine optische Täuschung, wie schon der alte Kleomedes aussprach. Die Refraction in unserer Atmosphäre bewirkt nämlich, dass ein bereits unter dem Horizonte befindliches Object scheinbar über demselben gesehen wird. —

Die Beobachtung der Verfinsterungen, welche die Jupitersmonde bei ihrem Hindurchgehen durch den Schatten ihres Hauptplaneten erleiden, haben eine besondere Wichtigkeit für die Bestimmung der geographischen Längen. Sie haben ausserdem das erste Mittel an die Hand gegeben, die Geschwindigkeit des Lichtes zu messen. Siehe Nebenplaneten, Geschwindigkeit des Lichtes. Natürlich erleiden und bewirken auch die Monde des Saturn und Uranus Finsternisse, doch sind dieselben durchgängig für uns nicht wahrnehmbar.

Fixsterne werden, sehr uneigentlich, die selbstleuchtenden Sonnen genannt, welche wegen ihrer ungemein grossen Entfernung am nächtlichen Himmel dem blossen Auge sowohl wie im Fernrohre, als leuchtende Punkte von untheilbarem Durchmesser erscheinen. Dass die Fixsterne selbstleuchtende Sonnen sind und nicht etwa von unserer Sonne erleuchtet werden, folgt schon aus der grossen Entfernung, in welcher sie sich von uns befinden, dann noch direct aus verschiedenen optischen Untersuchungen, die hier kurz angedeutet werden mögen.

Bekanntlich gibt es gewisse Krystalle, durch welche man alle Gegenstände doppelt erblickt, sie werden doppeltbrechende Krystalle genannt. Alles directe Licht, durch einen solchen Krystall gesehen, gibt zwei Bilder von gleicher Intensität, während im reflectirten Lichte die beiden Bilder von ungleicher Helligkeit sind. Im Jahre 1811 fand Arago, dass sich unter Anwendung eines Bergkrystall- oder Glimmerplättchens dieser Helligkeitsunterschied in einen Farbenunterschied verwandeln lässt, wodurch die Sicherheit der Wahrnehmung ungemein gewinnt. Sieht man mittels einer solchen Vorrichtung, welche den Namen Polariskop führt, direct in die Sonne, so erblickt man zwei Bilder von gleicher Helligkeit und gleicher Farbe, zwei weisse Bilder. Blickt man aber in ähnlicher Weise nach dem Sonnenbilde, welches eine Glasfläche oder der ruhige Wasserspiegel zurückstrahlt, so erscheinen die beiden Bilder in den lebhaftesten Farben. Wenn das eine Bild grün ist, so erscheint das andere roth und überhaupt entsprechen einer bestimmten Stellung des doppeltbrechenden Krystalls immer zwei Farben der beiden Bilder, welche sich gerade entgegengesetzt sind und in ihrer Vereinigung Weiss erzeugen. Das Polariskop bietet daher ein Mittel dar, directes und erborgtes Licht zu unterscheiden. Als Arago mittels dieses Instruments am Abende des 3. Juli 1819 das Licht des

damals sichtbaren grossen Kometen und des hellen Fixsternes Capella untersuchte, erwies sich jenes als zum Theil erborgt, während der Fixstern in eignem Lichte glänzte. Für alle übrigen Fixsterne, welche man auf diese Weise untersuchte, hat sich genau dasselbe Resultat ergeben. Das zweite Mittel, das Licht der Fixsterne zu untersuchen, bietet die Spectralanalyse (s. d.) dar. Während die Spectra aller von der Sonne erleuchteten Weltkörper im allgemeinen durchaus gleichartig sind und das zurückgestrahlte Licht derselben deutlich als Sonnenlicht wiedererkannt wird, ergibt sich das Licht der Fixsterne als durchaus qualitativ von demjenigen der Sonne verschieden.

Secchi in Rom, der sich sehr lebhaft mit der spectralanalytischen Untersuchung der Fixsterne beschäftigt, hat unter dem ungeheuren Heer derselben drei verschiedene Typen erkannt, auf welche sich alle Individualitäten zurückführen lassen.

Der Stern α im Herkules kann als erster Typus für eine Anzahl von Sternen, besonders solcher mit rothem Lichte, aufgestellt werden. Das Spectrum erscheint wie eine Reihe von Säulen, die von der Seite beleuchtet werden und hat damit eine wahrhaft stereoskopische Aehnlichkeit. Wenn wie bei δ^2 Lyrae die hellen Streifen schmaler sind, als die dunkeln, so erhält das Spectrum das Aussehen von aneinandergereihten Canellirungen. So verhalten sich auch α im Orion, β im Pegasus, Antares u. A. Selbst rothe Sterne bis zur achten Grösse konnte Secchi noch spectroskopisch untersuchen und sie zeigten dasselbe Verhalten; bei weissen Sternen derselben Grösse liess sich kein Spectrum wahrnehmen.

Es ist noch zu bemerken, dass bei den rothen Sternen die schwarzen Linien vielmehr wirkliche Streifen sind, ähnlich denen, welche unsere Atmosphäre bei den Sonnenstrahlen erzeugt. Es zeigt dies, dass jene Fixsterne stark absorptionsfähige Atmospären haben, deren Natur erst dann erkannt werden kann, wenn die Chemiker die Spectren nicht nur nach der Natur der verschiedenen Substanzen, sondern auch genauer nach dem Einfluss der Temperatur untersucht haben werden.

Mit dem Spectrum der Sterne dieses Typus hat das der Bessemerflamme grosse Aehnlichkeit.

Unter mehr als 500 Sternen, die Secchi spectroskopisch untersuchte, zeigte nur eine kleine Anzahl diesen Typus. Die meisten übrigen gehörten zu ziemlich gleichen Theilen den beiden Typen an, von welchen α Lyrae, α im Adler und Sirius einerseits, andererseits aber α im Bootes oder unsere Sonne als Repräsentanten betrachtet werden können. Doch sind immerhin noch bemerkenswerthe Verschiedenheiten bei den Spectren der Sterne des gleichen Typus zu erkennen.

Der Typus α Lyrae zeigt besonders auffallend zwei Wasserstofflinien im Blau und Violet, erstere fällt mit der Sonnenlinie f zusammen, die letztere mit $H\gamma$. Der Wasserstoff scheint das Hauptelement der Sterne dieses Typus auszumachen.

Der dritte Typus, jener unserer Sonne, zeigt nur eine geringe Anzahl von Verschiedenheiten. Sie bestehen hauptsächlich darin, dass die feinen Linien des Spectrums zu mehr oder weniger dichten Bün-

deln zusammengedrängt sind, aber diese Linien nehmen denselben Platz ein, während sie von denen des zweiten Typus verschieden sind.

Die Zahl der Sterne, welche in keiner dieser drei Klassen unterzubringen sind, ist sehr gering.

Aus allem Vorstehenden ergibt sich evident, dass die Fixsterne selbstleuchtende Körper sind, dass sie denselben Rang im Universum einnehmen wie unsere Sonne selbst.

Die scheinbare Helligkeit, mit welcher die Fixsterne uns zu leuchten scheinen, gestattet selbstverständlich gar keinen Schluss über ihre absolute Leuchtkraft, da hier die Entfernung mit in Anschlag zu bringen ist. Man unterscheidet die Helligkeit der Fixsterne seit Alters nach sogenannten Grössenklassen und spricht von Fixsternen 1. Grösse, 2. Grösse, 3. bis 4. Grösse u. s. w. Einen festen Maassstab, um diese Grössen zu bestimmen, gibt es im Allgemeinen nicht. Allerdings hat die neuere Zeit Mittel an die Hand gegeben, die Lichtmengen der Fixsterne direct zu messen; allein diese photometrischen Messungen sind gegenwärtig noch lange nicht ausgedehnt genug, um dieselben zu einer genauen Classification der Fixsterne benutzen zu können. Im Allgemeinen nimmt man an, dass jede folgende Helligkeits- oder Grössenklasse etwa 4 mal weniger Licht enthält als die vorhergehende. Als Norm für die Grössen der mit blossem Auge sichtbaren Fixsterne wird Argelander's „Neue Uranometrie" angenommen, in welcher die Angaben der Sternengrössen auf den genauesten und zahlreichsten Schätzungen beruhen. Der neue Himmelsatlas von Heis, welcher die Sterne bis zur 6. bis 7. Grössenklasse enthält, basirt ebenfalls auf sehr sorgfältigen eignen Untersuchungen des Herausgebers.

Mit blossem Auge sieht man höchstens Sterne der 1. bis 6. Grössenklasse; nur Wenige vermögen darüber hinauszugehen und Sterne bis zur 7. Grösse wahrzunehmen. In grossen Teleskopen erkennt man dagegen noch Fixsterne der 15. Grösse, ja Herschel ging in seinen Unterscheidungen noch weiter.

Von der Kraft des angewandten Fernrohres hängt die Anzahl der Fixsterne, welche sichtbar werden, ab. Wir müssen daher diese practisch als unendlich gross ansehen und alle Bestimmungen dieser Anzahl vermögen nur einen kleinsten Werth anzugeben, selbst die grössten sind nicht zu gross.

Mit ungeheurem Fleisse hat Argelander einen Atlas der am nördlichen Himmel sichtbaren Sterne 1. bis 9. bis 10. Grösse, ausschliesslich auf eigene Beobachtungen gegründet, geliefert. Diese Karten sind die reichhaltigsten und genauesten ihrer Art und sie gestatten, die Vertheilung der Sterne auf die einzelnen Grössenklassen genau zu untersuchen.

Die nachstehende Tafel enthält die Resultate einer Zählung der Sterne der einzelnen Grössenklassen in Argelander's Atlas, welche Littrow veranstaltet hat. Sie giebt ausserdem die Vertheilung der Sterne in dem Aequator parallelen Zonen des Himmelsgewölbes von je 1° Breite.

nördl. Decl.	1,0 bis 1,9	2,0 bis 2,9	3,0 bis 3,9	4,0 bis 4,9	5,0 bis 5,9	6,0 bis 6,9	7,0 bis 7,9	8,0 bis 8,9	9,0 bis 9,5	Veränderliche.	Nebel.
0°	—	—	2	3	13	42	148	885	3994	1	1
1	—	—	—	1	12	41	154	803	3821	—	—
2	—	—	7	10	18	46	165	868	3638	1	1
3	—	1	—	4	6	37	159	873	3854	1	—
4	—	—	3	7	13	27	147	913	3982	—	1
5	1	—	1	3	13	40	143	980	4082	—	—
6	—	2	3	6	9	40	169	911	4101	1	1
7	—	—	—	5	14	31	156	869	4051	3	—
8	1	—	2	6	12	34	154	927	4033	4	1
9	—	1	4	7	18	51	162	898	4180	3	—
10	—	—	4	3	13	45	181	885	3893	1	—
11	—	—	2	3	22	52	189	924	3904	—	1
12	1	1	—	4	12	52	169	903	3918	3	8
13	—	—	2	—	19	61	170	820	4130	1	6
14	—	2	3	6	19	77	196	817	3978	2	—
15	—	1	4	3	13	78	208	809	3818	2	2
16	1	1	2	4	25	74	205	805	3928	1	—
17	—	—	3	5	16	71	169	807	3127	—	—
18	—	—	2	11	14	56	211	842	4131	1	2
19	1	—	3	3	18	85	196	813	4089	3	—
20	—	2	—	9	20	68	195	869	4265	2	—
21	—	2	1	7	14	60	205	859	3877	—	1
22	—	1	4	5	16	66	209	894	3758	2	2
23	—	—	3	10	13	77	214	868	3668	2	—
24	—	—	3	4	18	74	180	913	3693	2	—
25	—	—	2	4	16	63	229	952	3807	—	—
26	—	—	1	6	15	61	189	872	3600	—	2
27	—	2	2	4	20	48	191	818	3593	2	—
28	1	2	2	5	22	54	183	862	3578	1	1
29	—	—	2	7	11	51	230	930	3830	—	4
30	—	—	1	3	13	64	200	943	3866	1	1
31	—	—	4	3	17	71	233	934	3776	1	—
32	1	—	4	3	13	72	223	871	3586	1	—
33	—	1	3	2	15	66	227	898	3622	1	2
34	—	1	2	6	13	69	239	906	3832	—	—
35	—	—	1	4	11	59	229	1005	3863	1	—
36	—	—	1	3	18	86	242	962	3842	—	1
37	—	—	2	14	20	80	246	938	3636	1	—
38	1	1	—	4	12	84	232	974	3809	1	—
39	—	1	3	8	14	80	273	1039	3805	—	—
40	—	—	2	5	18	81	285	1066	3795	1	3
41	—	1	2	4	13	70	244	956	3649	—	—
42	—	—	1	8	7	85	236	948	3553	—	—
43	—	—	1	3	18	77	232	919	3386	2	1
44	1	1	1	3	8	66	213	835	3428	—	—
45	1	—	3	14	13	67	218	883	3232	—	—
46	—	—	1	7	16	71	220	835	3113	—	1*)
47	—	—	3	4	13	76	246	868	3171	—	2
48	—	—	1	8	11	65	232	854	3078	—	1
49	—	1	—	10	18	59	217	819	3213	1	1

*) Eigentlich ein Sternhaufen.

nördl. Decl.	1,0 bis 1,9	2,0 bis 2,9	3,0 bis 3,9	4,0 bis 4,9	5,0 bis 5,9	6,0 bis 6,9	7,0 bis 7,9	8,0 bis 8,9	9,0 bis 9,5	Veränderliche.	Nebel.
50	—	—	1	4	8	61	230	826	3107	1	1
51	—	1	—	2	3	61	190	721	2807	—	1
52	—	—	3	4	18	59	191	712	2614	—	—
53	—	—	—	2	13	49	165	695	2367	1	—
54	—	1	—	4	9	58	165	649	2228	1	—
55	—	1	1	—	15	53	164	628	2226	1	3
56	—	1	2	2	10	65	158	655	2251	—	1
57	—	1	2	2	14	60	142	616	2031	2	—
58	—	1	1	1	10	41	133	568	1948	1	—
59	—	1	2	3	9	59	171	557	2029	—	—
60	—	—	—	1	11	64	147	519	1924	1	2
61	—	1	3	—	9	50	145	501	1885	1	—
62	—	1	1	2	9	50	126	485	1694	—	1
63	—	—	1	1	7	40	146	452	1462	—	—
64	—	—	—	1	8	37	112	412	1330	—	—
65	—	—	3	3	8	46	107	403	1429	—	—
66	—	—	—	2	8	30	106	361	1175	—	1
67	—	—	1	—	12	30	104	353	1101	—	—
68	—	—	—	2	3	28	71	296	1029	—	—
69	—	—	2	2	7	37	95	314	924	1	1
70	—	—	2	4	5	27	91	274	941	—	1
71	—	—	—	2	4	26	66	238	914	1	—
72	—	1	1	1	6	29	81	227	795	—	—
73	—	—	—	1	5	34	60	206	767	—	—
74	—	1	—	1	4	20	63	199	771	—	1
75	—	—	—	—	5	26	61	187	628	—	—
76	—	—	1	—	6	18	47	208	669	—	—
77	—	—	—	2	2	18	63	174	677	1	—
78	—	—	—	1	6	21	45	130	652	—	—
79	—	—	—	—	4	19	52	151	577	—	—
80	—	—	—	1	6	16	42	135	593	—	—
81	—	—	—	1	—	16	35	115	677	—	—
82	—	—	—	1	3	6	16	120	605	—	—
83	—	—	—	—	3	7	21	86	558	—	—
84	—	—	—	—	2	6	18	89	431	1	—
85	—	—	—	—	2	4	13	76	317	—	—
86	—	—	—	1	1	5	10	51	279	—	—
87	—	—	—	—	1	1	5	37	176	—	—
88	—	1	—	—	—	2	2	22	115	1	—
89	—	—	—	—	—	—	1	5	32	—	—
90											
Sa.	10	37	130	312	1001	4386	13823	58095	237131	64	62

Betrachtet man die Zahlen für die Summen der den einzelnen Grössenklassen zugehörigen Sterne, so erkennt man, dass im Durchschnitt jede folgende Klasse etwa 4 mal mehr Sterne als die vorhergehende enthält. Man würde daher, wenn man die Reihe bis zur 16. Grössenklasse fortsetzt und hiermit schliesst, die Zahl von 617 Millionen als Gesammtsumme aller Sterne der nördlichen Himmelshälfte erhalten. Die doppelte Zahl würde demnach die Gesammtzahl aller überhaupt am ganzen Himmelsgewölbe befindlicher Sterne repräsentiren,

da man offenbar für die südliche Himmelshälfte die gleiche Sternenfülle wie für die nördliche annehmen muss. Die so eben angegebene ungeheure Zahl ist übrigens gleichwohl kleiner als die wirkliche Anzahl der Sterne, denn es existiren thatsächlich noch zahllose Fixsterne jenseits der 16. Grössenklasse, wie sich bei Untersuchung des Himmels mittels der allergrössten Teleskope gezeigt hat.

Betrachtet man die Vertheilung der Fixsterne 1. bis 10. Grösse am Himmelsgewölbe, so erkennt man bald, dass diese keineswegs eine regelmässige ist, sondern, dass vielmehr nach einer gewissen Richtung hin die Sterne am zahlreichsten auftreten. Die Maxima der Sternfülle gruppiren sich im Himmelsäquator um die Punkte von $6^h\ 40^m$ und $18^h\ 40^m$ Rectascension. Denkt man sich die Zahlen für die Sternfülle in den einzelnen Stunden der Rectascension am Rande einer kreisförmigen Scheibe versinnlicht, so findet man, dass die Linie, welche die Punkte grösster Sternfülle am Rande mit einander verbindet, nicht genau durch den Mittelpunkt der Scheibe (den die Sonne einnimmt) geht, sondern um einen, wenn auch geringen Betrag davon abweicht. Der Mittelpunkt dieser Sehne ist der wahre Centralpunkt für die Sterngruppirung und von ihm aus liegt die Sonne in der Richtung des Rectascensionskreises von 13^h ab. Die Maximalpunkte der Sternenfülle fallen fast ganz genau mit der Lage der Milchstrasse im Aequator zusammen. Schon Huygens hat mit seinen grossen Fernrohren gefunden, dass wenigstens einzelne Theile der Milchstrasse in Sterne aufgelöst werden können; die spätern Untersuchungen von Wilhelm Herschel haben aber gezeigt, dass der ganze Sternenring der Milchstrasse nur eine Anhäufung unzählbarer Sterne ist.

Wenn es sich oben herausstellte, dass die Lage der Sonne gegen den Sternengürtel etwas excentrisch ist und zwar in der Richtung gegen das Sternbild der Jungfrau, so bestätigt sich dies in dem Zuge der Milchstrasse, deren Nordpol $12^h\ 38^m$ Rectascension und $31{,}5^0$ nördl. Declination besitzt. Struve findet es daher ausser Zweifel, „dass die Erscheinung der Sternhäufung oder Condensation auf's engste mit der Natur der Milchstrasse verbunden ist, oder vielmehr, dass diese Condensation und der Anblick der Milchstrasse identische Erscheinungen sind" und fährt dann fort: „Herschel hat 1817 bewiesen, dass die Milchstrasse unergründlich für sein vierzigfüssiges Teleskop ist. Die nämliche Unsicherheit über die Gränzen der sichtbaren Sterne existirt in allen andern Richtungen des Himmelsgewölbes, also auch gegen die Pole der Milchstrasse hin. Nirgendwo sind wir im Stande, die letzten Sterne zu unterscheiden. Hieraus folgt, dass, wenn wir alle die Sonne umgebenden Fixsterne ein grosses System bilden sehen, nämlich eben jenes der Milchstrasse, wir in vollkommener Unkenntniss über seine Ausdehnung sind und daher nicht die geringste Idee über die äussere Form dieses ungeheuren Systems besitzen." Diese letztern Behauptungen Struve's sind übrigens keineswegs als erwiesen anzusehen. Wenn es auch dem vierzigfüssigen Teleskope Herschel's nicht gelang, die äussersten Gränzen der Milchstrasse zu erreichen, so folgt daraus durchaus nicht, dass dies ebenso unmöglich für die Gegenden um die Pole

der Milchstrasse herum sein müsse. Die 10 Aichungen Herschel's, bei denen die Ergründung wegen der Kleinheit der aufglimmenden Sterne ausgesetzt wurde, wo also die Sondirlinie die äussere Gränze nicht erreichte, fanden in der Milchstrasse, keineswegs aber in grosser Entfernung von ihr statt. Später bemerkt Struve selbst, es sei nicht unmöglich, dass in der Nähe des nördlichen Poles der Milchstrasse Herschel's Teleskope fast die Gränze der Sternschicht erreicht hätten.

Was die Stellung unserer Sonne zu dem grossen Systeme der Milchstrasse anbelangt, so hat sich Herschel darüber zuerst 1784 mit folgenden Worten ausgesprochen:

„Es ist sehr wahrscheinlich, dass die grosse Sternschicht, Milchstrasse genannt, diejenige sei, in welcher sich die Sonne befindet, obwohl letztere vielleicht nicht in dem eigentlichen Mittelpunkte ihrer körperlichen Ausdehnung steht. Es lässt sich dies aus der Gestalt der Milchstrasse schliessen, die den Himmel in Gestalt eines grössten Kreises umzieht, wie es der Fall sein muss, wenn sich die Sonne innerhalb derselben befindet. Denn angenommen, eine Anzahl von Sternen sei zwischen zwei in einem gegebenen beträchtlichen Abstande von einander parallel laufenden und nach allen Seiten hin unbestimmt weit ausgedehnten Ebenen geordnet — eine Anordnung, die man Sternschicht nennen möge — so wird ein Auge, das sich an irgend einer Stelle innerhalb derselben befindet, sämmtliche, längs den Ebenen der Schicht geordnete Sterne in einem grossen Kreise perspectivisch geordnet sehen und zwar wird derselbe, je nach der Anhäufung der Sterne, mehr oder weniger hell erscheinen. — Nehmen wir nun an, dass ein Zweig oder eine kleinere Schicht von der ersten nach einer gewissen Richtung hin auslaufe und von zwei unbestimmt ausgedehnten Parallelebenen eingeschlossen sei; nehmen wir ferner an, dass das Auge in der grossen Schicht an einer Stelle vor der Absonderung, nahe da, wo die Schichten noch vereinigt sind, sich befindet; so wird die zweite Schicht keineswegs als heller Kreis sich darstellen, sondern vielmehr als ein Zweig, der in weniger als 180° Winkelabstand zum Hauptstamme wieder zurückkehren wird. Nach diesen Betrachtungen lässt sich schliessen, dass die Sonne sich sehr wahrscheinlich in einer von den grossen Schichten der Fixsterne befindet und aller Vermuthung nach nicht weit von der Stelle, wo irgend eine kleinere Schicht als Zweig davon ausläuft. Mittels dieser Annahme lassen sich sehr befriedigend sämmtliche Erscheinungen der Milchstrasse erklären, die dann nichts anderes als eine perspectivische Erscheinung der in dieser Schicht und in ihrem Nebenzweige enthaltenen Sterne ist. Was uns ferner bewegen muss, die Milchstrasse aus diesen Gesichtspunkten anzusehen, ist der Umstand, dass wir nicht länger zweifeln können, ihr weissliches Aussehen sei das Resultat des vereinigten Glanzes zahlloser Sterne. Wollten wir uns die Milchstrasse als einen unregelmässigen Ring von Sternen denken, so müssten wir die Sonne nahe bei seinem Mittelpunkte annehmen, ein Vorzug, wozu sich gar kein Grund einsehen lässt. Nach unsrer Annahme hingegen wird jeder Stern dieser Schicht, ausser wenn er nahe am Ende ihrer Länge und Höhe steht,

seine eigene Milchstrasse haben, natürlich mit denjenigen Veränderungen in Glanz und Lage, die eben seine Stellung mit sich bringt. Es lassen sich mancherlei Methoden einschlagen, um über den Ort der Sonne in der Sternschicht zu völliger Gewissheit zu gelangen. Ich will nur eine davon erwähnen, welche die allgemeinste und passendste ist und von der ich bereits angefangen habe, Gebrauch zu machen. Ich nenne sie das Aichen des Himmels (Gaging the Heavens, Star-Gage). Sie besteht darin, dass ich wiederholt die Anzahl von Sternen in zehn Gesichtsfeldern meines Teleskops nehme, eins dicht am andern. Indem ich ihre Summen addire und eine Decimalstelle rechter Hand abschneide, erhalte ich einen Durchschnitt der Sternfülle des Himmels in allen den Theilen, die auf solche Weise geaicht werden. Legt man jetzt um einen angenommenen Punkt Linien proportional den verschieden gefundenen Aichungen und unter den Winkeln, welche die Aichungen angeben, dann wird eine durch die Endpunkte dieser Linien gelegte Fläche, die Begränzung der Schicht vorstellen und folglich den Standort der Sonne innerhalb derselben offenbaren."

Diese ersten Ansichten hat Herschel später mehrfach modificirt, überhaupt ist er über den Bau der Milchstrasse nicht zu einem definitiven Resultate gekommen, wenngleich, wie bereits bemerkt wurde, seine Teleskope nachwiesen, dass die Milchstrasse nur aus einer Ansammlung ungeheuer vieler Sterne besteht. Grösstentheils sehr richtige Ansichten über den Bau der Milchstrasse, denen wir auch heute nur wenig zuzusetzen haben, hat der berühmte Mathematiker Lambert geäussert.

Er entwickelte (1761) in seinen cosmologischen Briefen ein Weltsystem, das zum Theil mit demjenigen, das sich Kant vorgestellt hatte, zusammenfällt. Nach ihm bildet jede Sonne mit ihren Planeten und Kometen ein System erster Ordnung, die Sternhaufen, zu deren einem auch unsere Sonne gehört, sind Systeme zweiter Ordnung. Diese Systeme finden sich im Raume hauptsächlich um eine Hauptebene herum gruppirt und bieten so den Anblick der Milchstrasse, eines Systems dritter Ordnung, von scheiben- oder linsenförmiger Gestalt. Im Universum existiren eine Menge von Milchstrassen; vielleicht ist der Orionnebel nichts anderes. Die Gesammtheit dieser Milchstrassen bildet ein System vierter Ordnung. Die Analogie führt noch weiter zu Systemen der fünften und höhern Ordnung. Der gemeinsame Band aller dieser Systeme ist die allgemeine Gravitation, welche allenthalben Centralbewegungen erzeugt. Unser Sternhaufen befindet sich sehr isolirt von den übrigen Theilen der Milchstrasse; es offenbart sich dies dem blossen Auge schon in der scharfen Abzeichnung der Milchstrasse am Himmelsgewölbe. Eine ähnliche Isolirung gilt für alle andere Sternhaufen der Milchstrasse. Das System unsrer Milchstrasse ist aus dem Grunde nicht unbegränzt oder nicht unendlich gross, weil sich die Milchstrasse nicht als grösster Kreis zeigt, sondern vielmehr als ein Parallelkreis, obgleich sehr wenig von einem grössten Kreise abweichend. Lambert hält es ferner für wahrscheinlich, dass mehrere Sternhaufen einen Centralkörper besitzen, analog der Sonne im Planetensysteme;

er glaubt es nicht unmöglich, dass dieser sich meist durch kleine planetarische Störungen im Sonnensysteme verrathen könne.

Genauere Untersuchungen, besonders Zeichnungen der Milchstrasse, ergeben deutlich, dass diese keineswegs eine regelmässige Sternanhäufung oder Sterncondensirung darstellt, sondern dass sie vielmehr aus dem optischen Zusammentreten und Uebereinanderlegen zahlloser Sternhaufen und Sternschichten besteht, deren jede als ein Fixsternsystem anzusehen ist, ähnlich demjenigen, zu welchem unsere Sonne gehört. Unsere Sonne selbst und alle sichtbaren Sterne liegen daher eigentlich selbst in der Milchstrasse und bilden einen Theil derselben, ein Schluss, zu dem auch William Herschel kurz vor seinem Tode gelangte.

Gehen wir nun von der allgemeinen, gewissermaassen der Weltstellung unseres Fixsternsystems, zur Betrachtung seiner einzelnen Theile über, so finden wir neben der verschiedenen Helligkeit der Fixsterne, wovon schon gehandelt wurde, auch eine verschiedene Farbe desselben. Bei manchen Sternen, den helleren rothen, kann man diese Färbung schon mit blossem Auge erkennen, aber eine sichere Auffassung der Farbennüance ist nur im Fernrohre möglich. Die Alten kannten überhaupt nur wenige farbige Sterne; Ptolemäus führt 6 rothe Sterne auf, unter ihnen den Sirius, der gegenwärtig ein reines weisses Licht zeigt. Dieser Letztere hat also im Laufe der Jahrhunderte seine Farbe geändert, und zwar wahrscheinlich in der Zeit, die zwischen Ptolemäus und die Arabische Weltherrschaft fällt. Ein sehr merkwürdiger Stern rücksichtlich seines Farbenwechsels ist α ursae. Im Jahre 1864 erkannte ich zuerst, dass dieser Stern innerhalb einer Periode von etwas über einem Monat seine Farbe von hellgelblichroth in dunkelroth und umgekehrt verändert. Aehnliches, nur mit minderer Deutlichkeit, zeigte sich bei einigen andern Fixsternen.

Weit häufiger als eine Farbenveränderung zeigt sich unter den Fixsternen die Erscheinung eines periodischen Lichtwechsels. Dieses Phänomen wurde zuerst 1638 von Fabricius bei dem Sterne o im Bilde des Wallfisches wahrgenommen, weshalb dieser Stern den Namen Mira, der Wunderbare, erhielt. Noch merkwürdiger ist der Stern β im Perseus oder Algol, dessen Veränderlichkeit auf einen Zeitraum von 7 bis 8 Stunden beschränkt ist, während deren er zur 4. Grösse herabsinkt und durch 2 Tage 13 Stunden hindurch unverändert 2,5. Grösse bleibt. Die Dauer der Periode, d. h. die Zeit zwischen zwei Augenblicken des kleinsten oder grössten Lichtes, wird immer kürzer. Sie betrug:

im Jahre	1784:	2	Tage	20^h	48^m	$59{,}4^s$.
„ „	1842:	2	„	20	48	55,2
„ „	1865:	2	„	20	48	53

Die neuesten Beobachtungen scheinen wieder eine Verlängerung der Periode anzudeuten.

Die Ursache der Veränderlichkeit dieses Sternes wird mit vielem Rechte in der periodischen Stellung eines den Stern β Perseus umkreisenden Planeten, zwischen ihn und unser Auge, gesucht. Wir

sehen dann ein Analogon einer Sonnenfinsterniss. Merkwürdig bleibt es indess hierbei, dass diese Durchgänge vor der Scheibe des Algol sich seit 200 Jahren unverändert für unsern Anblick erhalten haben, während doch dieser Stern und unsere Sonne mit der Erde, in diesem Zeitraume ihre gegenseitige Lage sehr bedeutend geändert haben. Noch verschiedene andere Sterne zeigen einen ähnlichen Lichtwechsel wie β in Perseus und man darf annehmen, dass noch ausserdem viele dieser Art existiren, die sich blos bis jetzt der Aufmerksamkeit der beobachtenden Astronomen entzogen haben.

Ein sehr interessanter veränderlicher Stern ist noch β in der Leyer. Er zeigt innerhalb einer Periode zwei Maxima und zwei Minima der Helligkeit. Argelander hat nachgewiesen, dass die mittlere Periodendauer dieses Sternes betrug:

1784:	12	Tage	21^h	24^m	$11{,}0^s$
1818:	12	„	21	35	56,1
1827:	12	„	21	38	52,0
1855:	12	„	21	47	16,8

Die langsame Zunahme steht daher ausser Zweifel.

Die Frage nach der Ursache dieser allmählichen Verlängerung der Periode lässt sich gegenwärtig noch keineswegs mit Sicherheit beantworten, um so weniger, als die Ursachen, welche jene Zunahme (oder Abnahme) bewirken, ungemein verschiedenartig sein können. Ich will daher hier nur auf eine einzige Möglichkeit hinweisen, die nach meiner Ansicht vielleicht bei denjenigen Sternen, welche eine langsame, regelmässige Zu- oder Abnahme der Periode zeigen, sich realisirt findet.

Bei dem Sterne β der Leyer findet eine durchschnittliche Zunahme der Periode von 0,7 Secunden statt, d. h. jede Periode des Lichtwechsels ist durchschnittlich um diesen Betrag länger als die vorhergehende. Nimmt man nun an, dass sich dieser Stern in gerader Linie jede Minute um 16 Meilen von uns entfernte, so würde dies genau eine scheinbare Verlängerung der Periode um 0,7 Secunde hervorbringen. In diesem Falle hat sich nämlich der Stern nach 12 Tagen und 22 Stunden um etwa 28,000 Meilen weiter von uns entfernt, und das Licht gebraucht, wenn es diese vergrösserte Strecke durchläuft, jedesmal 0,7 Secunde mehr, ehe es uns Nachricht von einer neuen Phase des Lichtwechsels überbringen kann. Man sieht leicht, dass umgekehrt eine Verkürzung der Periode stattfindet, wenn sich der Stern der Erde nähert.

Seit den Untersuchungen Herschel's weiss man, dass sich unsere Sonne in der Richtung nach dem Sternbilde des Herkules durch den Weltraum fortbewegt. Diese Richtung weicht nicht gar sehr von jener nach dem Sternbilde der Leyer ab. Es ist nun schon von vornherein höchst wahrscheinlich, dass sich sowohl unsere Sonne als der Stern β in der Leyer in derselben Richtung durch den Raum bewegen. Beide entfernen sich also mit der Differenz ihrer Geschwindigkeiten von einander. In der That ist die relative Geschwindigkeit von β der Leyer, wie sie oben gefunden wurde, nur gering; sie beträgt etwa ¼ Meile

in jeder Secunde oder 16mal weniger als die Umlaufsgeschwindigkeit der Erde um die Sonne.

Die eigentliche Ursache der Veränderlichkeit der ihr Licht wechselnden Fixsterne kennt man gegenwärtig noch nicht mit Sicherheit. Es ist möglich, dass bei verschiedenen veränderlichen Sternen auch verschiedene Ursachen wirksam sind. Maupertuis nahm an, dass jene Sterne die Gestalt von Mühlsteinen besässen und uns bald ihre breite Seite, bald nur die schmale Kante zuwendeten, und dass eben hierdurch die veränderliche Helligkeit entstehe. Diese Erklärung widerstreitet allen Gesetzen der Mechanik und ist also unzulässig. Aber auch die Annahme, dass die Veränderlichkeit durch grosse dunkle Planeten entstehe, welche periodisch zwischen jene Sterne und uns treten, kann nur für einige wenige, z. B. für β in Perseus angenommen werden. Bei den meisten Veränderlichen widerstreitet der langsame und unregelmässige Lichtwechsel dieser Annahme. Wahrscheinlicher ist, dass die uns veränderlich erscheinenden Sterne, ähnlich wie unsere Sonne, mit zahlreichen, dunklen Flecken bedeckt sind, und dass diese Flecken nach Grösse und Häufigkeit innerhalb gewisser Zeitperioden wiederkehren. Bei einigen wenigen Sternen entsteht der (geringe) Lichtwechsel, wie ich zuerst nachgewiesen habe, nur durch einen Wechsel der Farbe, die periodisch eine dunklere Nüance annimmt, wodurch für das blosse Auge der nämliche Eindruck entsteht, als wenn der Stern an Licht abgenommen hätte.

Die Beobachtung der veränderlichen Sterne kann besonders und nicht dringend genug den Freunden der Astronomie anempfohlen werden. Es bedarf dazu in vielen Fällen blos einer Sternkarte, seltener noch eines mässigen Fernrohrs und der beiläufigen Uhrzeit der Beobachtung. Die Beobachtungen geschehen, indem der Veränderliche mit benachbarten Sternen, die heller, ebenso hell und dunkler sind als er, verglichen wird. Ein noch eben wahrnehmbarer Helligkeitsunterschied wird Stufe genannt. Man bestimmt nun nach Schätzungen, wieviel Stufen der Veränderliche heller oder dunkler ist als benachbarte Sterne. Dass man hierbei keinen Stern wählen darf, gegen welche der Helligkeitsunterschied 6 oder gar 10 Stufen beträgt, sondern nur solche wo er $1/2$ bis höchstes 3 Stufen ausmacht, ist klar; ebenso, dass man sich vor jeder störenden Beleuchtung zu hüten hat.

Die Besprechung der Veränderlichen führt hinüber zu der neuen Sternen.

Die Erscheinung eines neuen Sternes ist eine ungemein seltene; kaum 20- oder 22mal sind im Laufe von zwei Jahrtausenden unter den Millionen unzweifelhaft vorhandener Körper am Fixsternhimmel einzelne, früher unsichtbare, hellleuchtend hervorgetreten. Das schon beweist uns, dass das Phänomen in unserm Fixternreiche keineswegs zu den normalen Erscheinungen zählt, dass es vielmehr eine Abnormität, ein Factum ist, dessen Eintreffen ausserhalb des Kreises des regelmässigen Laufes der Dinge bleibt.

Die erste Nachricht über einen neu aufgeloderten Stern verdankt man dem Fleisse der Alles registrirenden Chinesen und der Ueber-

setzung des Maduanlin durch Eduard Biot. Von Beginn unserer Zeitrechnung bis zum Mittelalter, bleiben für fast alle unvermuthet eintretenden Himmelserscheinungen: neue Sterne, Kometen, Meteorschwärme etc., die Chinesischen Quellen die reichhaltigsten und genauesten.

Der ersten Erscheinung eines neuen Sterns wird von ihnen im Juli des Jahres 134 vor Beginn unserer Zeitrechnung gedacht. Es ist der „Gaststern" (Ke-sing) der zwischen β und ρ des Skorpion sichtbar wurde und von dem Herschel glaubt, dass er der nämliche neue Stern sei, der Hipparch, des Plinius Zeugniss zufolge, zur Ausarbeitung seines berühmten Sternverzeichnisses veranlasst haben soll.

Ungefähr 260 Jahre später, 123 nach Chr. erwähnen die Chinesischen Annalen eines neuen Sternes, der im Monat December zwischen α im Herkules und α im Ophiuchus aufleuchtete. Er ist höchst wahrscheinlich identisch mit dem Gestirn, das unter Hadrian im Jahre 130 unserer Zeitrechnung erschien.

Im Jahre 173 am 10. December erschien dem Manduanlin zufolge zwischen α und β des Centauren ein neuer Stern, der stark funkelte und nach 8 Monaten verschwand.

Fernere Erscheinungen neuer Fixsterne fallen nach Humboldts Verzeichnisse in die Jahre 369, 386 (zwischen λ und φ des Schützen), 389 (bei α im Adler), 393 (im Schwanze des Skorpion, nach Matuanlin), 827 (ebenfalls im Skorpion, ungemein glänzend und nach 4 Monaten verschwindend), 945 (zwischen dem Cepheus und der Cassiopea), 1006 (im Widder, drei Monate lang in blendendem Glanze leuchtend), 1023 (im Schwanze des Skorpions weissbläulich), 1230 (zwischen Ophiuchus und Schlange, von Mitte December bis Ende des folgenden März), 1264 (zwischen Cepheus und Cassiopea).

Ich habe die Aufzählung der neuen Sterne bis jetzt nur kurz gegeben, weil, trotzdem die meisten Angaben allerdings auf historischen Begebenheiten beruhen mögen, dennoch die Nachrichten viel zu unsicher und fragmentarisch sind, als dass man mehr als ungefähre Bestimmungen der Zeit und des Ortes aus denselben schöpfen könnte. Nicht so ist es mit jenem glänzenden Fixsterne, der am 11. November 1572 plötzlich in der Cassiopea funkelnd aufstrahlte. Tycho, der ihn beim Kloster Herrigwadt zuerst bemerkte, hat genaue Beobachtungen desselben hinterlassen, welche gestatten, seinen Ort am Himmel mit grosser Genauigkeit festzustellen. Auch über das äussere Ansehen des wundervollen Sternes hat der grosse Beobachter sorgfältige Beschreibungen gegeben. Hiernach war das Gestirn vollkommen nebelfrei und war an Helligkeit der Venus im grössten Glanze vergleichbar. Man erkannte den Stern mit scharfem Auge selbst bei Tage zur Mittagszeit. Ein ungemein starkes Funkeln unterschied ihn sofort von allen übrigen Fixsternen. Im December 1772 nahm die Lichtstärke bereits ab, war im Januar 1773 geringer als jene des Jupiter, im April und Mai Sternen 2. Grösse gleich und er verschwand (für das blosse Auge) im März 1774. Auch die Farbe veränderte sich. Das reine Weiss ging nach 2 Monaten bei abnehmendem Glanze in Gelb

über; im Frühlinge 1773 war die Farbe mit jener des Mars zu vergleichen, aber ein Jahr später kehrte die weisse Farbe wieder zurück, bis der noch immerfort stark funkelnde Stern verschwand.

Argelander's Untersuchungen ergeben den Ort des Sternes für 1855: Rectascension 0^h 16^m 47^s, nördliche Declination 63° 20,6′. Dieser Ort stimmt in merkwürdiger Weise mit einem Sternchen 10.—11. Grösse überein, das von d'Arrest in Kopenhagen ist beobachtet worden. Dieser letztere Astronom hat in den Jahren 1863 und 1864 die ganze Umgegend, in welcher Tycho's Stern gestanden, genau aufgenommen, und eine Karte derselben entworfen, welche 212, meist ungemein lichtschwache Sterne enthält. Diese Karte ist innerhalb eines Kreises von 10 Bogenminuten Halbmesser um den fraglichen Stern, so vollständig, dass jeder am Himmel sichtbar werdende Gegenstand, der sich auf der Karte nicht verzeichnet findet, mit Sicherheit als neu oder veränderlich angesehen werden kann. Prof. Argelander hat früher in Abo, später 1849 in Bonn, vergeblich an der von ihm berechneten Stelle nach einem Sterne gesucht, obgleich ihm Sterne 10.—11. Grösse nicht wohl entgehen konnten. Damals war der Stern, den in den letzten Jahren Professor d'Arrest an jener Stelle bemerkte, also höchst wahrscheinlich schwächer als 10.—11. Grösse. Darf man annehmen, dass er in langsamem Hellerwerden begriffen ist? Diese Frage wird sich durch aufmerksame Untersuchung mittels grosser Fernrohre entscheiden lassen.

Goodrike vermuthete schon, der Tychonische Stern möge identisch sein mit den neuen Sternen von 945 und 1264, und sei daher zu den Veränderlichen zu rechnen mit einer Periode von 300 bis 320 Jahren. Wäre diese Vermuthung, die Arago unzulässig findet, richtig, so müsste der Stern gegen Ende dieses Jahrhunderts wiedererscheinen.

Nach chinesischen Berichten erschienen im sechszehnten Jahrhundert noch zwei neue Sterne, ein ungemein glänzender im Februar 1578 und ein anderer am 1. Juli 1584 unweit π des Skorpion. Es ist eine merkwürdige Thatsache, dass in dem letztern Sternbilde, soweit historische Nachrichten reichen, 5 Mal neue Sterne aufloderten. Bei der Unsicherheit der alten Angaben lässt sich Genaueres über den Ort derselben nicht ermitteln, aber es ist auffallend, dass die Zwischenzeiten zwischen je zwei Erscheinungen die im Mittel 396 Jahre betragen, kaum um $^1/_8$ der ganzen Periode von einander abweichen, sie sind nämlich: 527,434,376,381 Jahre. Soll man hiernach den Stern für einen periodisch Wiederkehrenden halten? Seine nächste Sichtbarkeit würde dann in die Jahre um 2000 fallen.

Im Jahre 1600 erschien ein neuer Stern im Schwan. Er wurde, wie es scheint, zuerst von Wilhelm Janson gesehen; Kepler beobachtete ihn erst 2 Jahre später und fand ihn 3. Grösse. Im Jahre 1621 verschwand der Stern, gelangte aber 1655 nach D. Cassini wieder zur 3. Grösse und verschwand darauf abermals. Hevel sah ihn im November 1665 wieder auftauchen, doch ohne die 3. Helligkeitsklasse zu erreichen. Zwischen 1667 und 1682 war er von der

6. Grösse und ist so geblieben bis auf den heutigen Tag. Es ist Nr. 34 Cygni bei Bayer.

Schon im Jahre 1604 tauchte abermals ein neuer Stern, heller als alle Fixsterne 1. Grösse auf und zwar in der Constellation des Ophiuchus. Er erreichte zwar nicht den Glanz des Tychonischen Sternes, aber sein Funkeln erregte das Staunen aller Beobachter. Ende März 1605 war er schon zur 3. Grössenklasse herabgesunken und verschwand ein Jahr später spurlos. Prof. Schönfeld hat aus den Beobachtungen von Fabricius den scheinbaren Ort des Sternes für 1865 bestimmt zu $17^h\ 22^m\ 33^s$ Rectascension und $21^0\ 20{,}7'$ Declination.

Die chinesischen Annalen berichten im Jahre 1604 ebenfalls das Erscheinen eines neuen Sternes, der vielleicht mit dem vorhergehenden identisch ist; ebenso setzen sie ein solches Ereigniss in das Jahr 1609, doch ohne alle näheren Bestimmungen.

Am 20. Juni 1670 entdeckte der Carthäuser Anthelme einen neuen Stern am Kopfe des Fuchses, nahe bei β im Schwan. Er war nur 3. Grösse und sank im August zur 5. Grösse herab. Nach mehrmaligen Helligkeitsschwankungen verschwand er im April 1672.

Erst am 27. April 1848 machte Hind die Entdeckung eines neuen Sternes von gelblichrother Farbe und 4.—5. Grösse im Schlangenträger. Derselbe nahm ununterbrochen an Helligkeit ab und war im Jahre 1850 bereits 11. Grösse. Oudemans fand ihn 1855 ebenso, neuerdings habe ich ihn vergebens gesucht. Der Ort ist für 1865 in $16^h\ 51^m\ 52^s$ Rectascension und $12^0\ 24{,}2'$ südlicher Declination.

Die letzte Erscheinung eines neuen Sternes fiel glücklicher Weise in eine Epoche, in welcher die Wissenschaft, mit mächtigen neuen Hülfsmitteln ausgerüstet, im Stande war, analysirend in die Tiefen des Himmelsraumes vorzudringen. In der Nacht vom 12. zum 13. Mai erblickte J. Birmingham zu Tuam in Irland zuerst im Sternbilde der Krone einen glänzenden Fixstern 2. Grösse, der früher dort nicht gestanden hatte. Drei Tage später, als ihn Baxendell in Manchester beobachtete, war er schon zur 3. Grösse herabgesunken, zeigte sich aber noch bis zum 17. Mai mit einem sehr schwachen nebeligen Duft umgeben. Schmidt in Athen bemerkte über den Stern: „Ich fand denselben am Sonntag, den 13. Mai, gegen $8^h\ 50^m$ oder 51^m als an jener Stelle das Gewölk sich verzogen hatte. Sein Glanz war nur wenig geringer, als der von α oder γ der Krone. Noch in derselben Nacht war seine Abnahme deutlich; heute, den 16. Mai, ist er nur noch von der 4. Grösse, heller als ε und schwächer als γ der Krone, so dass er wegen des beginnenden Mondscheines sehr bald für das unbewaffnete Auge verschwinden wird. Am Abende des 12. Mai war an jener Stelle bestimmt kein Stern auch nur von der 5. Grösse sichtbar. Die Nova ist identisch mit einem schwachen Sterne 9.—10. Grösse, der in der Bonner Durchmusterung des Himmels vorkommt." Die Lichtabnahme dauerte bis zu Anfang des Juli fort, wo der Stern seine gewöhnliche Helligkeit 9.—10. Grösse wieder erlangte. Nach Schmidt's Bemerkung war der Stern am Abend des 12. Mai sicher schwächer als 5. Grösse, aber noch in derselben Nacht erhob er sich bis zur

2. Grösse, d. h. er nahm im Verlauf von wenigen Stunden um das 60fache an Licht zu. Ereignete sich ein derartiges Phänomen bei unserer Sonne, nähme deren Glanz (und also höchst wahrscheinlich auch ihre Wärmestrahlung) um das 60- bis 100fache in wenigen Stunden zu, so müssten wir dies gewiss als eine grossartige Katastrophe betrachten, die ausserhalb des regelmässigen Verlaufs der Dinge stände. Ganz dasselbe müssen wir, auf die obigen photometrischen Betrachtungen gestützt, auch für den Stern in der Krone annehmen, und die Richtigkeit dieser Schlüsse hat durch die Spectralanalyse ihre Bestätigung gefunden.

Sie zeigt uns das Factum des wirklichen Brennens und zwei Spectra, deren eines demjenigen der Sonne ähnlich ist. Ich glaube mit Mayer, dem Entdecker des mechanischen Wärme-Aequivalents, dass das plötzliche Auflodern des Sternes in der Krone durch Herabsturz einer gewaltigen Körpermasse, vielleicht eines Planeten, auf jenen Fixstern hervorgebracht wurde, indem die Körperbewegung in Atombewegung, d. h. in Wärme und Licht umgesetzt wurde. Diese Theorie erklärt das plötzliche Auflodern, das intensive Funkeln und die langsame Lichtabnahme am ungezwungensten. — Nach den Bestimmungen auf der Sternwarte in Brüssel ist der Ort des Sterns am Himmel für den Anfang des Jahres 1866 in $15^h\ 53^m\ 53{,}68^s$ Rectascension und $26^0\ 20'\ 17{,}6''$ nördliche Declination.

Die Wichtigkeit der Beobachtung der veränderlichen Sterne und die Verwirrung in der Nomenclatur derselben, hat die deutsche astronomische Gesellschaft zu dem Beschlusse veranlasst, ein in ihrer Vierteljahrsschrift zu veröffentlichendes Verzeichniss dieser Sterne als maassgebend für die fernere Bezeichnung derselben anzuerkennen. Dieses Verzeichniss ist von den beiden um die Kenntniss der Veränderlichen sehr verdienten Astronomen Winneke und Schönfeld ausgearbeitet worden. Ich theile dasselbe auf Seite 194 ff. vollständig mit, um den Freunden der Astronomie Gelegenheit zu geben, sich mit der Beobachtung der veränderlichen Sterne zu beschäftigen. Dasselbe enthält übrigens auch die bekannteren neuen Sterne. Die Bezeichnung der Helligkeit geschieht nach Grössenklassen und Zehnteln derselben. Die Zeit der Epoche, d. h. des Augenblicks des grössten Lichtes, bezieht sich auf das Jahr 1868, ausser wo dies ausdrücklich angegeben. Die Zeit ist mittlere pariser. Die Periodendauer ist in mittleren Sonnentagen und deren Theilen angegeben. Die letzte Columne enthält verschiedene Bemerkungen.

Nicht blos verändern die Fixsterne ihren Glanz und ihre Farbe, sie verändern auch ihren Ort am Himmel, sie zeigen wirkliche Eigenbewegungen, welche allerdings den Namen Fixsterne, d. h. feststehende Sterne nicht rechtfertigen.

Die alten Beobachter haben die Eigenbewegungen der Fixsterne nicht gekannt. Halley war der Erste, der durch Vergleichung neuerer Beobachtungen mit den Angaben des Ptolemäus entdeckte, das die hellen Sterne Sirius, Arcturus und Aldebaran im Laufe der Jahrtausende ihren Ort am Himmelsgewölbe verändern. Später haben Tobias Mayer,

Mascelyne, Pond, Piazzi und Bessel die genauen Eigenbewegungen einer grossen Anzahl von Fixsternen ermittelt und man darf gegenwärtig behaupten, dass alle Fixsterne ohne Ausnahme, ihren Ort am Himmelsgewölbe im Laufe der Jahrhunderte oder Jahrtausende verändern. Diese Ortsveränderung ist freilich in allen Fällen für unsern Anblick sehr gering; man kennt keinen einzigen Fixstern, dessen jährliche Eigenbewegung 10″ überstiege. Allein im Laufe der Jahrtausende wachsen diese geringen Grössen fort und fort an, so dass z. B. der Stern Nr. 61 im Schwan in den letzten 2000 Jahren seinen Ort am Himmel um 6 Vollmondbreiten verändert hat. Unter den Sternen, welche eine grosse Eigenbewegung haben, sind zu nennen:

2151 Puppis des Schiffes:	jährliche	Eigenbewegung	7,87″
ε Indi:	„	„	7,74
1830 des Katalogs von Groombridge:	„	„	7,01
61 im Schwan:	„	„	5,22
o^2 im Eridanus:	„	„	4,09
μ der Cassiopeja:	„	„	3,83
α im Centauren:	„	„	3,67
α im Bootes:	„	„	2,26

Von diesen Sternen gehören die ersteren, also diejenigen mit den absolut stärksten Eigenbewegungen zu den lichtschwachen Sternen, die man mit blossem Auge kaum oder nicht wahrnehmen kann. Ueberhaupt zeigt die weitere Untersuchung, dass die stärksten Eigenbewegungen keineswegs bei den hellsten Sternen angetroffen werden, obgleich allerdings nach den Untersuchungen Mädler's die Sterne der 1.—2. Grösse durchnittlich die grösste Eigenbewegung, etwa 0,25″ jährlich zeigen, während die Sterne 4. Grösse im Mittel 0,14″, jene der 7. Grösse im Mittel nur 0,09″ aufweisen.

Man muss diese Eigenbewegungen übrigens wohl von denjenigen wahren Bewegungen unterscheiden, welche eine grosse Anzahl von je zwei oder drei neben einanderstehenden Sternen (die sogen. Doppelsterne, über welche wegen ihrer Wichtigkeit ein besonderer Artikel handelt), zeigen. Diese Bewegungen der Doppelsterne sind kreisende um den gemeinsamen Schwerpunkt; die sogen. Eigenbewegungen der Fixsterne gehen dagegen stets in demselben Sinne fort und wir wissen aus Beobachtungen absolut Nichts darüber, wie sie sich im Speciellen gestalten, ob sie Theile von kreisförmigen oder elliptischen Bahnformen darstellen oder nicht. Auch über die Ursache der Eigenbewegungen wissen wir im Speciellen Wenig, obgleich die Beobachtungen andeuteten und eine sinnreiche Ueberlegung klar machte, dass wenigstens theilweise die Eigenbewegung der Sterne durch die Bewegung unserer Sonne im Weltraume hervorgerufen werde. Wir müssen annehmen, dass unsere Sonne sich ebensowohl wie die übrigen Fixsterne durch den Weltraum fortbewegt. Die Eigenbewegungen der Fixsterne stellen sich uns also nicht ganz rein dar, sondern ein gewisser Theil derselben ist so zu sagen die reflectirte Bewegung unserer Sonne.

Tafel der verän-

Stern.		1855.0 AR.	1855.0 Decl.	Jährl. Aenderung in AR.	Jährl. Aenderung in Decl.
Andromeda	*R*	0h 16m 25s	+ 37° 46.'4	+ 3.s14	+ 0.'33
Aquarius	*R*	23 36 19	− 16 5. 3	+ 3. 11	+ 0. 33
	S	22 49 20	− 21 7. 0	+ 3. 23	+ 0. 32
	T	20 42 17	− 5 40. 9	+ 3. 17	+ 0. 22
Aquila	η	19 45 5	+ 0 38. 2	+ 3. 06	+ 0. 15
	R	18 59 23	+ 8 0. 8	+ 2. 89	+ 0. 09
	S	20 4 57	+ 15 11. 5	+ 2. 76	+ 0. 17
	T	18 38 47	+ 8 35. 7	+ 2. 88	+ 0. 06
Argo	η	10 39 27	− 58 55. 4	+ 2. 31	− 0. 31
Aries	*R*	2 7 53	+ 24 22. 9	+ 3. 39	+ 0. 28
	S	1 56 51	+ 11 49. 7	+ 3. 21	+ 0. 29
Auriga	ε	4 51 34	+ 43 36. 2	+ 4. 29	+ 0. 10
	R	5 5 36	+ 53 25. 0	+ 4. 82	+ 0. 08
Bootes	*R*	14 30 48	+ 27 22. 1	+ 2. 65	− 0. 26
	S	14 18 1	+ 54 28. 3	+ 2. 01	− 0. 28
	T	14 7 18	+ 19 44. 7	+ 2. 81	− 0. 28
Camelop.	*R*	14 28 54	+ 84 29. 2	− 5. 31	− 0. 27
Cancer	*R*	8 8 34	+ 12 10. 1	+ 3. 32	− 0. 18
	S	8 35 3[illegible]	+ 19 33. 2	+ 3. 44	− 0. 21
	T	8 48 23	+ 20 24. 1	+ 3. 44	− 0. 22
	U	8 27 28	+ 19 23. 5	+ 3. 45	− 0. 20
Canis minor	*R*	7 0 44	+ 10 15. 0	+ 3. 30	− 0. 09
	S	7 24 51	+ 8 37. 4	+ 3. 26	− 0. 12
	T	7 25 56	+ 12 3. 0	+ 3. 34	− 0. 12
Capricornus	*R*	20 3 10	− 14 41. 6	+ 3. 36	+ 0. 17
	T	21 14 0	− 15 46. 4	+ 3. 32	+ 0. 25
	U	20 40 4	− 15 18. 8	+ 3. 35	+ 0. 22
Cassiopeia	α	0 32 18	+ 55 44. 5	+ 3. 35	+ 0. 33
	B	0 16 47	+ 63 20. 6	+ 3. 27	+ 0. 33
	R	23 51 4	+ 50 34. 9	+ 3. 01	+ 0. 33
	S	1 9 4	+ 71 50. 8	+ 4. 30	+ 0. 32
Cepheus	δ	22 23 48	+ 57 40. 4	+ 2. 21	+ 0. 31
	μ	21 39 4	+ 58 7. 0	+ 1. 83	+ 0. 27
	R	20 34 37	+ 88 41. 0	− 42.	+ 0. 21
	S	21 36 57	+ 77 58. 2	− 0. 60	+ 0. 27
Cetus	o	2 12 1	− 3 38. 3	+ 3. 02	+ 0. 28
	R	2 18 38	− 0 50. 1	+ 3. 06	+ 0. 28
Coma	*R*	11 56 49	+ 19 35. 4	+ 3. 08	− 0. 33
Corona	*R*	15 42 36	+ 28 36. 3	+ 2. 47	− 0. 19
	S	15 15 29	+ 31 53. 5	+ 2. 44	− 0. 22
	T	15 53 26	+ 26 20. 1	+ 2. 51	− 0. 18
Corvus	*R*	12 12 8	− 18 26. 9	+ 3. 09	− 0. 33

derlichen Sterne.

Grösse. Max.	Min.	Epoche.	Periode.	Bemerkungen.
$6^m 3$	<$12^m 5$	März 18	404^t	
5. 8	<10. 5	Febr. 13	388	
7. 7	<11	Mai 8	279.35	
7. 0	13	Juli 25	203	
3. 5	4. 7	Juli 3 7^h 11^m	7^t 4^h 14^m 4^s	Minimum.
6. 7	11	Jan. 30	349.5	
8. 9	11	Juni 24	148	
8. 8	9. 7	?	?	
1	6			Irregulär.
7. 5	12. 5	Sept. 8	186.0	Dec. 10 Min.
10	<13	?	?	
3. 5	4. 5			Irregulär.
6. 6	12. 7	1869 März 29	467.3	
6. 8	12. 5	Oct. 19	222.53	
8	13. 2	Juli 11	272.8	
9. 7	<13	?	?	Nur eine Erscheinung bekannt.
7. 2	12. 5	Dec. 3	265.7	
6. 3	<12	Oct. 3	353.6	Periode abnehmend?
8. 2	10. 2	Jan. 11 9^h 7^m	9^t 11^h 37^m 8^s	
8	11	Februar	485	
8. 2	<13. 5	Mai 14	306	
7	10	April 30	333	
7. 2	<11	Nov. 11	334.85	
9. 5	<13	?	?	
9	<13	Juni 22	348	
9	<13	Mai 7	269.5	
10	<12	Nov. 3	204	
2. 2	2. 8			Irregulär. Nova 1572.
4. 8	<12.	Aug. 26	428.9	
7. 5	<13.	Mai 2	615	
3. 7	4. 9	Juli 4 0^h 30^m	5^t 8^h 47^m 40^s	
4	5			Irregulär.
> 6 ?	< 9. 5			Irregulär.
8. 2	11. 5	Nov. 1	491	Minimum.
1. 7	9. 5	Oct. 27.3	$331^t.3363$	
8. 3	<12. 5	Juli 11	167.0	
7. 3	<13. 5	Aug. 28	359	
6. 0	13			Irregulär.
6. 5	11. 8	Juli 20	$361^t.0$	
2	9.			Nova 1866.
H 7. 5	<11	Mai 8	299	

Stern.		1855.0		Jährl. Aenderung in	
		AR.	Decl.	AR.	Decl.
Crater	*R*	10^m 53^h 26^s	− 17° 32.′8	+ 2.^{s}95	− 0.′32
Cygnus	χ	19 45 0	+ 32 33.0	+ 2.31	+ 0.15
	P	20 12 27	+ 37 35.1	+ 2.21	+ 0.18
	R	19 32 56	+ 49 52.5	+ 1.61	+ 0.13
	S	20 2 28	+ 57 34.2	+ 1.26	+ 0.17
	T	20 41 24	+ 33 50.6	+ 2.39	+ 0.22
Delphinus	*R*	20 7 55	+ 8 39.1	+ 2.90	+ 0.18
	S	20 36 24	+ 16 34.2	+ 2.76	+ 0.21
	T	20 38 38	+ 15 52.5	+ 2.78	+ 0.21
Gemini	ζ	6 55 30	+ 20 46.7	+ 3.56	− 0.08
	R	6 58 37	+ 22 55.4	+ 3.62	− 0.08
	S	7 34 20	+ 23 47.2	+ 3.61	− 0.13
	T	7 40 36	+ 24 5.5	+ 3.61	− 0.14
	U	7 46 30	+ 22 22.7	+ 3.56	− 0.15
Hercules	α	17 8 2	+ 14 33.5	+ 2.73	− 0.07
	g	16 23 53	+ 42 12.2	+ 1.97	− 0.13
	R	15 59 43	+ 18 45.9	+ 2.68	− 0.17
	S	16 45 18	+ 15 11.4	+ 2.73	− 0.11
	T	18 3 37	+ 30 59.9	+ 2.27	+ 0.01
	U	16 19 23	+ 19 13.6	+ 2.65	− 0.14
Hydra	*R*	13 21 48	− 22 31.8	+ 3.27	− 0.31
	S	8 46 0	+ 3 36.8	+ 3.13	− 0.22
	T	8 48 37	− 8 35.4	+ 2.92	− 0.22
Leo	*R*	9 39 45	+ 12 5.9	+ 3.23	− 0.27
	S	11 3 21	+ 6 14 9	+ 3.11	− 0.32
	T	11 31 0	+ 4 10.5	+ 3.08	− 0.33
Leo minor	*R*	9 36 52	+ 35 10.6	+ 3.62	− 0.27
Lepus	*R*	4 53 0	− 15 1.7	+ 2.73	+ 0.10
Libra	δ	14 53 14	− 7 56.4	+ 3.20	− 0.24
	R	15 45 24	− 15 48.1	+ 3.39	− 0.18
Lyra	β	18 44 44	+ 33 11.8	+ 2.21	+ 0.06
	R	18 50 55	+ 43 45.5	+ 1.83	+ 0.08
Monoceros	*R*	6 31 15	+ 8 51.7	+ 3.28	− 0.05
	S	6 33 0	+ 10 1.5	+ 3.31	− 0.05
Ophiuchus	*R*	16 59 27	− 15 53.7	+ 3.44	− 0.09
	S	16 25 55	− 16 51.1	+ 3.44	− 0.13
	T	16 25 27	− 15 49.2	+ 3.42	− 0.13
	—	16 51 23	− 12 40.0	+ 3.36	− 0.10
Orion	α	5 47 19	+ 7 22.6	+ 3.25	+ 0.02
	δ	5 24 36	− 0 24.6	+ 3.06	+ 0.05
	R	4 51 8	+ 7 54.4	+ 3.25	+ 0.10

Grösse. Max.	Min.	Epoche.	Periode.	Bemerkungen.
$> 8^m$	$< 9^m$	?	?	
4	13	März 15	406.12	
3	< 6			Nova 1600.
6. 2	13	Oct. 6	425.0	
8. 8	<13	März 5	823.3	
5	6			Irregulär?
7. 8	<12. 5	Sept. 29	283	
8	11	April 27	278	
8. 4	<13	Mai 10	333	
3. 7	4. 5	Juli 9 $12^h\ 30^m$	$10^t\ 3^h\ 47^m\ 36^s$	
6. 8	12. 3	Febr. 26	371.0	
8. 7	<13. 5	April 2	294.3	
8. 1	<13	Aug. 26	287.95	
8. 7	13	Sept. 23	97.3	
3. 1	3. 9			Irregulär.
4. 9	6. 2			Irregulär.
7. 8	<13	März 13	319	Zunehmende Periode?
6. 3	12. 5	Juni 5	301.5	
7. 5	12. 1	Aug. 24	165.13	
7. 0	<11. 2	Sept. 6	409	
4	11	1869 März 9	448	
7. 5	<12	Mai 3	255.5	
7. 0	<12. 5	Juni 10	289.2	
5. 3	10	Aug. 9	312.56	
9	<13. 5	Sept. 27	190	
10	<13			
6. 2	<11	März 7	369.4	
6	9	Dec. 31	439	
4. 9	6. 0	Juni 30 $9^h\ 43^m\ 9^s$	$2^t\ 7^h\ 51^m\ 19^s$	Minimum.
9. 2	<13	März 31	723	
3. 5	4. 5	Jan. 9 $4^h\ 22^m$	$12^t\ 21^h\ 51^m\ 0^s$	Hauptminimum.
4. 3	4. 6	?	46	
9. 5	11. 5	Oct. 31	204.0	Minimum.
4. 9	5. 6	März 14.4	$3^t\ 10^h\ 48^m$	
8	<12	April 18	302.5	
9. 0	<12. 5	Mai 15	233.7	
10. ?	<12			Nur eine Erscheinung bekannt.
5. 5	<11			Nova 1848.
1	1. 4			Irregulär.
2. 2	2. 7			Irregulär.
9	<13	Oct. 11	381	

Stern.		1855.0		Jährl. Aenderung in	
		AR.	Decl.	AR.	Decl.
Pegasus	β	22h 56m 45s	+ 27° 17.'8	+ 2.s90	+ 0.'32
	R	22 59 22	+ 9 45.7	+ 3.01	+ 0.32
	T	22 1 49	+ 11 49.9	+ 2.93	+ 0.29
Perseus	β	2 58 45	+ 40 23.6	+ 3.87	+ 0.24
	ρ	2 55 54	+ 38 16.5	+ 3.81	+ 0.24
	R	3 20 50	+ 35 10.1	+ 3.79	+ 0.21
Pisces	R	1 23 10	+ 2 7.9	+ 3.09	+ 0.31
	S	1 10 0	+ 8 9.9	+ 3.12	+ 0.32
	T	0 24 29	+ 13 48.0	+ 3.11	+ 0.33
Sagitta	R	20 7 27	+ 16 17.4	+ 2.74	+ 0.18
Sagittarius	R	19 8 11	− 19 33.5	+ 3.52	+ 0.10
	S	19 10 57	− 19 17.1	+ 3.51	+ 0.10
	T	19 7 52	− 17 13.2	+ 3.46	+ 0.10
	U	18 23 21	− 19 13.3	+ 3.53	+ 0.03
	V	18 22 54	− 18 21.5	+ 3.51	+ 0.03
	W	17 55 45	− 29 34.9	+ 3.83	− 0.01
	X	17 38 26	− 27 46.2	+ 3.77	− 0.03
Scorpius	R	16 9 1	− 22 35.0	+ 3.56	− 0.16
	S	16 9 2	− 22 31.9	+ 3.56	− 0.16
	T	16 8 25	− 22 36.7	+ 3.56	− 0.16
	U	16 14 7	− 17 32.3	+ 3.44	− 0.15
Scutum	R	18 39 45	− 5 51.4	+ 3.21	+ 0.06
Serpens	R	15 44 1	+ 15 34.6	+ 2.76	− 0.19
	S	15 14 52	+ 14 50.3	+ 2.81	− 0.22
	T	18 21 44	+ 6 12.5	+ 2.93	+ 0.03
Serpentarius		17 21 57	− 21 21.2	+ 3.59	− 0.06
Taurus	λ	3 52 39	+ 12 4.6	+ 3.31	+ 0.18
	R	4 20 21	+ 9 50.1	+ 3.28	+ 0.14
	S	4 21 16	+ 9 37.3	+ 3.28	+ 0.14
	T	4 13 33	+ 19 11.3	+ 3.49	+ 0.15
	U	4 13 22	+ 19 28.0	+ 3.49	+ 0.15
Ursa major	R	10 34 19	+ 69 32.1	+ 4.38	− 0.31
	S	12 37 35	+ 61 53.3	+ 2.66	− 0.33
	T	12 29 47	+ 60 17.2	+ 2.77	− 0.33
Virgo	R	12 31 9	+ 7 47.2	+ 3.05	− 0.33
	S	13 25 26	− 6 26.8	+ 3.13	− 0.31
	T	12 7 10	− 5 13.8	+ 3.08	− 0.33
	U	12 43 45	+ 6 20.6	+ 3.04	− 0.33
	V	13 20 19	− 2 25.2	+ 3.09	− 0.31
	W	13 18 33	− 2 37.4	+ 3.09	− 0.31
Vulpecula	11	19 41 37	+ 26 57.7	+ 2.46	+ 0.14
	R	20 57 56	+ 23 14.9	+ 2.66	+ 0.23
	S	19 42 27	+ 26 55.7	+ 2.46	+ 0.15

Grösse. Max.	Min.	Epoche.	Periode.	Bemerkungen.
$2^m 2$	$2^m 7$			Irregulär.
7	<11	Aug. 6	379.5	
9. 1	<12	Oct. 30	364	
2. 3	4. 0	Juli 1 $2^h 43^m 9^s$	$2^t 20^h 48^m 54^s$	Minimum.
3. 4	4. 0			Irregulär.
8. 0	12. 6	Juli 30	206.8	
7. 4	11. 8	Oct. 23	345	
8. 8	<13. 5	März 25	406.7	
9. 5	11. 0	Juni 7 ?	146.5	Irregulär.
8. 3	10. 0	Juli 7	70.49	Hauptminimum.
7	<12	Sept. 29	269.8	
9. 8	<12. 5	?	?	
7. 6	<11	August	348±	
7. 5?	9?	Juli 8 $23^h 48^m$	$6^t 17^h 51^m 12^s$	
> 7	<10	April 30	316	
5	6. 5	Juli 3 $21^h 10^m$	$7^t 14^h 8^m 35^s$	
4	6	Juli 6 $18^h 29^m$	$7^t 0^h 25^m 34^s$	
9	<12. 5	Sept. 21	220.5	
9. 3	<12. 5	Mai 19	177	
7	<10			Nova 1860.
9 ?	<13 ?	?	?	Nur eine Erscheinung bekannt.
4. 7	9	Aug. 16	71.7	Minimum.
5. 7	<11	Mai 7	356	
7. 6	<12	Febr. 20	360	
10. 5	<13	Oct. 27	340.5	
				Nova 1604.
3. 4	4. 3	Juli 7 $0^h 13^m$	$3^t 22^h 52^m 4^s$	Minimum.
7. 8	<13. 5	Aug. 7	326.3	
9. 9	<13. 5	Juni 6	378.5	
9	12	?	?	
9	10	?	?	
6	12	Dec. 20	302.3	
7. 8	10. 9	Juni 2	224.8	
6 5	<13	Juli 15	256	
6. 5	10. 7	Juni 4	145.80	
6	<11	Juni 21	373.6	
8	<12. 5	Sept. 16	336	
7. 5	12. 7	Oct. 10	207.8	
7. 5	<13	Mai 8	252	
8. 8	10. 4	Juni 19.0	17.276	
3	?			Nova 1670.
7. 5	13	Oct. 2	138	
8. 7	9. 5	Juli 22	68.01	

Um nun die Erscheinungen, wie sie sich unter diesen Umständen darstellen müssen, zu verdeutlichen, kann man passend ein dem gewöhnlichen Leben entlehntes Beispiel wählen. Man denke sich einen Wanderer auf einem grossen Platze von Süd nach Norden schreitend, während vor und hinter ihm, rechts und links eine Menge Menschen ebenfalls über den Platz circuliren. Wenn der Wanderer eine Zeit lang still steht, so wird er rings um sich Fortbewegungen in allen möglichen Richtungen erblicken. Wenn er dagegen sich in Bewegung setzt, so werden im Allgemeinen mehr Menschen ihm entgegenzukommen scheinen als mit ihm gehen, er wird immer mehr Leute überholen, und während südlich hinter ihm die Menschen immer enger zusammenzudrängen scheinen, wird sich die Menge vor ihm im Norden lichten, sie wird scheinbar auseinandertreten. Wenn mit dem Wanderer nur 20 Leute auf dem grossen Platze anwesend wären, so würde er die soeben geschilderten Verhältnisse allerdings nicht so erblicken, sind dagegen 100, 1000 oder noch mehr Leute anwesend, die scheinbar planlos hin und her circuliren, so müssen sich ihm im Allgemeinen die Verhältnisse so darstellen, wie sie eben geschildert wurden.

Genau so ist es auch mit unserer Sonne; auch sie ist unter dem unermesslichen Heere von sich bewegenden Fixsternen ein Wanderer, der inmitten von vielen Millionen anderer Fixsterne seinen Weg wandelt. Die Beobachtungen deuten auch in der That auf einen Punkt am Himmelsgewölbe hin, von welchem aus die Sterne mehr und mehr auseinander zu treten scheinen; auch lässt sich ein Punkt bestimmen, um welchen herum perspectivische Verkürzungen in der gegenseitigen Lage der Fixsterne vorkommen. Ersterer Punkt ist derjenige, nach welchem hier sich die Sonne bewegt. Prevost und Herschel haben sich zuerst bemüht, diesen Punkt zu bestimmen und letzterer fand, dass derselbe nahe mit dem Sterne λ im Herkules zusammenfalle. Genauere Untersuchungen stellte 1837 Argelander an und fand aus der Eigenbewegung von 390 Sternen für jenen Punkt (für 1800):

260° 51′ Rectascension und 58° 43′ nördliche Declination.

Dieser Punkt liegt nicht weit von dem Stern λ im Herkules.

Später hat sich Mädler mit dieser Frage vielfach beschäftigt. Er fand aus 2163 Sternen, als Lage des genannten Punktes (ebenfalls für das Jahr 1800):

261° 39′ Rectascension und 50° 6′ nördliche Declination.

Dieser Punkt liegt bei μ im Herkules.

Eine neue Arbeit, welche unlängst Dunkin veröffentlichte, ergiebt einen Punkt nahe bei δ im Herkules.

Die Folgezeit hat also das Herschel'sche Resultat so genau bestätigt, als dies nur immer zu hoffen war und die Eigenbewegung der Sonne, sowie die Kenntniss ihrer Richtung im Weltraume, gehören zu den schönsten Errungenschaften der modernen Astronomie.

Die Eigenbewegungen der Fixsterne werden natürlich durch irgend eine Ursache bedingt, und man kann die Frage aufwerfen, ob in dem

Fixsternsysteme, zu welchem unsere Sonne gehört, ein Centralkörper anzunehmen sei analog demjenigen, welchen wir im Sonnensysteme besitzen. Lambert glaubte, dass dies der Fall sei; aber bei der ungeheuren Anzahl der Sterne müsste dieser Centralkörper nothwendig eine ganz ungeheure Grösse besitzen, wenn er durch seine Masse das ganze Fixsternsystem beherrschen sollte. Von der Existenz eines solchen Riesenkörpers zeigt sich nun allerdings in den Beobachtungen nichts.

Mädler verwirft daher mit Recht die Annahme eines durch Masse überwiegenden Centralkörpers und kommt im Verlaufe seiner Untersuchungen zu dem Ergebnisse, dass die Bewegung des ganzen Fixsterncomplexes, zu dem auch unsere Sonne gehört, zwar um einen einzigen Bewegungsmittelpunkt oder Schwerpunkt erfolge, dass dieser indess keineswegs von einem Sterne mit überwiegender Masse erfüllt sei. Den Schwerpunkt selbst verlegt Mädler in die reiche Sterngruppe der Plejaden. Andere Astronomen, wie John Herschel, Struve und Peters glauben keineswegs an eine einheitliche Bewegung des ganzen Fixsternsystems. Nach ihrer Ansicht besteht eine Wechselbeziehung nur zwischen untergeordneten Gliedern dieses gewaltigen Verbandes. Gegenwärtig lässt sich noch keineswegs mit Sicherheit entscheiden, welche der beiden Hypothesen die richtige ist, doch scheint die grössere Wahrscheinlichkeit allerdings für Mädler's Ansicht zu sprechen.

Was die Entfernung der Fixsterne von uns anbelangt, so hat auch in dieser Beziehung erst die neueste Zeit einigermaassen befriedigende Resultate ergeben. Alle früheren Versuche waren an der ungeheuren Grösse der zu messenden Distanzen gescheitert. Das Nähere über die Art und Weise der Bestimmung dieser Entfernung findet man in dem Artikel Parallaxe; hier genügt es, die Resultate mitzutheilen, welche man für die Entfernung einzelner Fixsterne gefunden hat.

Name des Sternes	Entfernung von der Sonne.		
α im Centauren	4,500,000	Millionen	Meilen.
61 im Schwan	8,000,000	„	„
Polarstern	54,300,000	„	„
α in der Leyer	20,600,000	„	„
α im Fuhrmann	80,000,000	„	„
70μ Ophiuchus	25,800,000	„	„
21,258 des Catalogs von Lalande	14,900,000	„	„
Sirius	18,500,000	„	„
α im Bootes	33,600,000	„	„

Gestützt auf die gemessenen Entfernungen einzelner Fixsterne nach Peters und auf die Untersuchungen Struve's über die relativen Entfernungen der Fixsterne der einzelnen Grössenklassen, finden sich folgende Mittelwerthe für die absoluten Entfernungen der Sterne der einzelnen Grössenklassen von uns.

Scheinbare Grösse der Sterne.	Entfernung von der Sonne in Erdbahnhalbmessern à 20,000,000 Meilen.	Zeit, welche das Licht gebraucht, um von den Sternen bis auf die Erde zu gelangen.
1. Grösse nach Argelander . . .	986,000	15,5
1.—2. „ „ „ . . .	1,246,000	19,6
2. „ „ „ . . .	1,778,000	28,0
2.—3. „ „ „ . . .	2,111,000	33,3
3. „ „ „ . . .	2,725,000	43,0
3.—4. „ „ „ . . .	3,151,000	49,7
4. „ „ „ . . .	3.850,000	60,7
4.—5. „ „ „ . . .	4,375,000	69,0
5. „ „ „ . . .	5,378,000	84,8
5.—6. „ „ „ . . .	6,121,000	96,6
6. „ „ „ . . .	7,616,000	120,1
6.—7. „ „ „ . . .	8,746,000	137,9
7.—8. „ „ Bessel	14,230,000	224,5
8.—9. „ „ „	24,490,000	386,3
9.—10. „ „ „	37,200,000	586,7
Herschels äusserste Sterne	224,500,000	3541,0

Wie aus dieser Tabelle hervorgeht, gebraucht das Licht also 3541 Jahre, um von dem entferntesten Sterne, den Herschels 20füssiges Telescop noch zu erreichen vermochte, bis zu uns zu gelangen. Ein scharfes unbewaffnetes Auge vermag noch Sterne 6.—7. Grösse zu unterscheiden. Um von diesen Sternen bis zur Erde zu gelangen bedarf der Lichtstrahl, der in jeder Secunde 40,000 Meilen durchfliegt, 138 Jahre. Wir erblicken also die Sterne keineswegs in dem Zustande, den sie in demselben Augenblicke einnehmen, sondern wir erblicken nur die Vergangenheit. Sterne, die uns heute leuchtend erscheinen, können Jahre lang schon erloschen sein, neue Sterne tauchen auf, aber erst nach Jahren erblicken wir die ersten Lichtstrahlen, welche sie uns zusenden. So bietet uns der gestirnte Himmel Ungleichzeitiges dar und der Anblick desselben wirkt gleichzeitig auf das Gemüth des denkenden Menschen durch die Unmesslichkeit des Raumes wie der Zeit.

Der Fixsternhimmel, den wir nächtlich über uns ausgespannt erblicken, bildet, wie bereits bemerkt wurde, ein System, zu dem auch wir gehören, unser Fixsternsystem. Die Dimensionen desselben sind noch keineswegs genau erforscht, doch dürfen wir vermuthen, dass derselbe die Gestalt einer abgeplatteten Kugel besitzt und dass Herschel's äusserste Sterne ungefähr die Gränze derselben bezeichnen. Vielleicht liegen sie aber auch schon jenseits dieser Gränze und gehören nicht mehr unserm Fixsternsystem an. Nach Herschel's früheren Schätzungen würde die grosse Axe unseres Sternsystems etwa 3000, die kleine etwa 600 Billionen Meilen betragen. Die Zukunft wird hier Sicheres bringen.

Unser Fixsternsystem ist keineswegs das einzige seiner Art im Weltraume, vielmehr zeigen sich sehr viele grössere oder kleinere Sternanhäufungen in den grössten Fernrohren, von denen man annehmen muss, dass sie Sternsysteme, ähnlich wie das unsrige, sind. Näheres hierüber findet man in den Artikeln Sternhaufen und Nebelflecke.

Ueber die Eintheilung der Sterne des scheinbaren Himmelsgewölbes in Gruppen und Bilder s. Sternbilder.

Fixsternverzeichnisse, Sternkataloge, nennt man diejenigen Verzeichnisse, worin die Fixsterne nach ihrer Stellung am Himmel eingetragen sind. Die Fixsternverzeichnisse der neuern Zeit sind ausschliesslich nach der Reihenfolge der Rectascensionen (s. d.) der Sterne geordnet ohne alle Rücksicht auf die Sternbilder. In manchen Verzeichnissen sind nicht einmal die Namen der Sterne beigefügt, sondern bloss eine fortlaufende Nummer, die Rectascensionen und Declinationen, so wie die Helligkeiten. Diese Angaben genügen auch in der That für alle Zwecke der Astronomie, während die besonderen Namen eine Last sind, deren Fortschleppung keinerlei Nutzen gewährt.

Das erste Fixsternverzeichniss hat um die Mitte des zweiten Jahrhunderts vor Christus Hipparch angefertigt, wobei er sich zum Theil auf die frühern Beobachtungen von Timocharis und Aristillus stützte. Hipparch soll zu dieser Arbeit, nach dem Zeugnisse des Plinius durch einen plötzlich auflodernden Stern veranlasst worden sein. Das Verzeichniss des Hipparch ist nur in der Ueberarbeitung des Ptolemäus auf die Gegeuwart gekommen und enthält in dieser 1025 Sterne. Der Tartarenfürst Ulugh-Beigh stellte um 1430 nach eignen Beobachtungen einen neuen Fixsternkatalog zusammen, der zwar nur 1017 Sterne enthält, dessen Angaben aber zuverlässiger sind, als diejenigen des Ptolemäus. Noch genauer, aber auch wieder weniger umfangreich ist das Fixsternverzeichniss von Tycho de Brahe, es enthält 777 Sterne, sämmtlich auf das Jahr 1600 reducirt. Fast gleichzeitig mit Tycho beobachteten Wilhelm IV., Landgraf von Hessen-Cassel und Rothmann und brachten einen Katalog von 400 wohlbestimmten Sternen zusammen. Sechszig Jahre später, 1677, beschäftigte sich Halley mit Beobachtungen südlicher Sterne und stellte einen Katalog von 350 bei uns unsichtbaren Sternen des südlichen Himmels zusammen. Hevel's Sternverzeichniss enthält 1888 Sterne auf 1660 reducirt. Lacaille beobachtete 1751—1752 in kaum 10 Monaten fast 10,000 südliche Sterne; sein von Henderson auf 1750 reducirtes Sternverzeichniss enthält 9766 südliche Sterne bis zur 7. Grösse. Bradley's Beobachtungen umfassen 3222 Sterne, sie sind von Bessel auf das Jahr 1755 reducirt worden; Piazzi's Katalog enthält 7646 Sterne für das Jahr 1800; das Verzeichniss von Rümker umfasst 12,000, jenes von Taylor 11,015 Sterne. Lalande's Katalog umfasst in Baily's Bearbeitung 47,390 Sterne; Bessel hat in den Jahren 1825 bis 1833 etwa 75,000 Beobachtungen als Grundlage eines genauen Sternkatalogs angestellt; Argelander's Durchmusterung des nördlichen Himmels von 45° bis 80° Declination, enthält über 22,000 Fixsternpositionen; für die neuen Himmelskarten Argelander's, welche 324,198 Sterne enthalten und die von einem Fixsternkataloge begleitet sind, wurden eine Million und fünfundsechszig Tausend einzelne Beobachtungen angestellt.

Die Genauigkeit der Sternverzeichnisse der Neuzeit steht in weiter gar keinem Vergleiche selbst zu dem Verzeichnisse Tycho's. Nichts-

destoweniger wird bei diesen Verzeichnissen nicht die höchst mögliche Schärfe der Ortsbestimmung angestrebt, da sonst die Arbeit nicht zu bewältigen sein würde, sondern nur eine gewisse Gränze eingehalten, über welche die Unsicherheit der Beobachtungen nicht hinausgehen darf. Dagegen verwendet man um so grössere Sorgfalt auf die Ortsbestimmung gewisser Sterne, die als Grundlagen für die Ortsbestimmungen aller übrigen dienen und daher Fundamentalsterne genannt werden. Näheres hierüber s. Fundamentalsterne.

Fizeau, französischer Physiker, geb. am 24. Sept. 1819 zu Paris, schrieb über die Moser'schen Bilder, wandte sich aber dann im Vereine mit Foucault der Optik zu und übernahm nach Arago's Erblindung die practische Ausführung des von jenem vorbereiteten, berühmten Versuchs, die Geschwindigkeit des Lichtes durch Messung in kurzen irdischen Distanzen zu bestimmen. Später hat Fizeau mehr das Gebiet der Electricitätslehre zu seinem Arbeitsfelde erwählt.

Flamsteed, John, erster Königl. Astronom der Sternwarte zu Greenwich, geb. am 19. August 1646 zu Derby, gest. am 19. Decbr. 1719 zu Greenwich, eröffnete seine astronomische Laufbahn mit einer wichtigen Abhandlung über die Bestimmung der Zeitgleichung. Seine Beobachtungen bezogen sich hauptsächlich auf Bestimmung von Fixsternörtern und erschienen gesammelt als Historia coelestis Britannica libri duo. Von grossem Werth für seine Zeit war Flamsteed's Atlas coelestis in 28 Karten.

Flaugergues, Honoré, geb. am 16. Mai 1755 zu Viviers, gest. 1835 ebenda, thätiger astronomischer Beobachter, lebte als unabhängiger Privatmann und Freund der Wissenschaft nur für diese, doch bekleidete er in späteren Jahren auch das Amt eines Friedensrichters in seiner Vaterstadt. Er entdeckte zwei Kometen, nämlich den grossen von 1811 (Nr. 122 des Kometenverzeichnisses) und den 3. Kometen (Nr. 144) von 1826. Flaugergues besass ausgedehnte mathematische und physikalische Kenntnisse; seine meteorologischen Beobachtungen sind sehr werthvoll.

Fliehkraft ist gleichbedeutend mit Centrifugalkraft und Schwungkraft, worüber diese Artikel nachzulesen sind.

Flintglas, eine Glasart, welche ihren englischen Namen von Flint, Feuerstein, hat, wird wegen ihrer starken Farbenzerstreuung, seit Dollond zu den Concavlinsen der zusammengesetzten achromatischen Objective benutzt. Die Darstellungsweise guten Flintglases in grösseren Stücken ist ungemein schwierig und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil grössere Stücke meist nicht in allen Theilen homogen sind, sondern verschiedene Schichten zeigen, welche sich im Fernrohre durch Streifen sehr störend bemerklich machen. Nach vielen vergeblichen Versuchen englischer, französischer und deutscher Künstler, gelang es erst seit 1811 Fraunhofer, grössere Flintglasmassen in ausgezeichneter Güte herzustellen, doch wird die Bereitungsweise von seinen Nachfolgern als tiefes Geheimniss bewahrt.

Fluth, s. Ebbe und Fluth.

Folge der Zeichen, bezeichnet die Reihenfolge der 12 Zeichen der

Ekliptik. Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Waage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische. In dieser Reihenfolge gehen die Zeichen durch den Meridian und ein Gestirn, das sich von einem Zeichen zu dem ihm folgenden bewegt, dessen Bewegung also eine solche ist, dass seine Länge wächst, wird rechtläufig genannt, andernfalls heisst es rückläufig. Stellt man sich mit dem Gesichte nach Süden, so geht die Folge der Zeichen von rechts nach links.

Forbes, James David, geb. am 20. April 1809, gest. 1868, gelehrter Physiker, war Professor der Physik an der Universität zu Edinburgh, schrieb wichtige Abhandlungen über physikalische und meteorologische Gegenstände. Sein Werk über die Gletscher hat den Anstoss zu einer grossen Reihe von Beobachtungen und Untersuchungen über die Fortbewegung der Gletscher und die damit in Zusammenhang stehenden Phänomene gegeben.

Forster, Thomas, geb. am 9. Novbr. 1789 zu London, gest. gegen 1850. Arzt, später auf seinem Landgute bei Hartwell lebend, beschäftigte sich viel mit meteorologischen Untersuchungen und machte mit zuerst auf die Periodicität in dem Erscheinen der Sternschnuppen im August aufmerksam.

Foucault's Pendelversuch, wird das Experiment genannt, mittels dessen Foucault aus der Veränderung der Schwingungsebene des Pendels, die Umdrehung der Erde um ihre Axe direct nachwies.

Man kann sich leicht durch einen Versuch davon überzeugen, dass ein einfaches Pendel, welches in einer beliebigen Richtung hin und her schwingt, diese unverändert beibehält, wenn man auch dem Aufhängepunkte desselben eine andere Richtung gibt. Beobachtet man aber ein sehr lange ununterbrochen hin- und herschwingendes Pendel, so bemerkt man bald, dass die Richtung der Schwingungsebene sich allmälig von Ost nach West dreht. Diese Beobachtung hatten schon die Mitglieder der alten Florentinischen Academie del Cimento gemacht, allein Foucault war der Erste, der in dieser Erscheinung eine sichtbare Anzeige der täglichen Umdrehung des Erdkörpers um seine Axe erkannte.

„Ich nehme an," sagt er in seiner, der Pariser Academie vorgelegten Abhandlung über diesen Gegenstand, „der Beobachter befinde sich auf einem der beiden Erdpole und habe daselbst ein Pendel von grösster Einfachheit, nämlich ein solches, das aus einer schweren, homogenen Kugel besteht, die mittels eines biegsamen Fadens an einem absolut festen Punkte hängt. Ich setze vorläufig weiter voraus, dass dieser Aufhängepunkt genau in der Verlängerung der Erdaxe liege und dass die ihn tragenden Stützen nicht Theil nehmen an der täglichen Bewegung. Wenn man unter diesen Umständen das Pendel aus seiner Gleichgewichtslage ablenkt und es, ohne ihm einen Seitenstoss mitzutheilen, der Wirkung der Schwerkraft überlässt, so wird sein Schwerpunkt in die Senkrechte zurückkehren und sich hierauf, vermöge der erlangten Geschwindigkeit, an der andern Seite fast bis zu derselben Höhe erheben, von der er ausgegangen ist. Das Pendel

schwingt in einem Kreisbogen, dessen Ebene wohl bestimmt ist und wegen des Beharrungsvermögens der Materie, eine unveränderte Lage im Raume bewahrt. Wenn also diese Schwingungen eine gewisse Zeit hindurch andauern, so wird die Bewegung der Erde, die sich unaufhörlich von West nach Ost dreht, sichtbar durch den Contrast mit der Unbeweglichkeit der Schwingungsebene, die eine übereinstimmende Bewegung mit der scheinbaren der Himmelskugel zu besitzen scheint. Wenn die Schwingungen sich 24 Stunden lang fortsetzen, so wird ihre Ebene eine volle Drehung um den Aufhängepunkt ausführen.

Das sind die idealen Bedingungen, unter welchen die Axendrehung der Erde für das beobachtende Auge sichtbar wird. Allein in der Wirklichkeit ist man genöthigt, einen Stützpunkt auf einem sich bewegenden Boden zu nehmen, die Stücke, an welche man das obere Ende des Pendelfadens befestigt, können der täglichen Bewegung nicht entzogen werden. Man könnte daher im ersten Augenblicke fürchten, dass diese, dem Faden und der Pendelmasse mitgetheilte Bewegung, die Richtung der Schwingungsebene ändere. Indess weist hier die Theorie keine ernste Schwierigkeit nach und anderntheils hat der Versuch gezeigt, dass man den Faden, sobald er nur rund und homogen ist, ziemlich rasch in diesem oder jenem Sinne um sich selbst drehen kann, ohne merklich auf die Lage der Schwingungsebene einzuwirken, so dass also der eben beschriebene Versuch unter dem Pole in seiner ganzen Reinheit gelingen muss."

Foucault ging nun darauf über, nachzuweisen, welchen Einfluss der Abstand eines beliebigen Ortes der Erdoberfläche von einem der beiden Pole auf die Drehung der Schwingungsebene des Pendels ausübt. Er kam zu dem richtigen Resultate, dass die Winkelbewegung der Schwingungsebene gleich ist der Winkelbewegung der Erde multiplicirt mit dem Sinus der geographischen Breite. Am Aequator ist demnach die scheinbare Drehung der Schwingungsebene Null oder es findet gar keine Drehung derselben statt. Um diese theoretischen Resultate zu prüfen, liess Foucault in den Scheitelpunkt eines Kellergewölbes ein starkes gusseisernes Stück einsetzen, welches den Tragpunkt für den Aufhängefaden lieferte, der mitten aus einer kleinen, gehärteten Stahlmasse hervortrat, deren freie Oberfläche vollkommen horizontal war. Dieser Faden bestand aus einem Stahldraht von $^6/_{10}$ bis $^{11}/_{10}$ Millimeter Durchmesser. Er hatte eine Länge von 2 Metern und trug am untern Ende eine abgedrehte und polirte Messingkugel, die überdies so gehämmert war, dass ihr Schwerpunkt mit ihrem Mittelpunkte zusammenfiel. Diese Kugel wog 5 Kilogramm und sie besass unten eine spitze Verlängerung, welche scheinbar die Fortsetzung des Aufhängefadens bildete. Um die Kugel, die keine drehende Schwingungen um sich selbst mehr machte, in Schwingungen zu versetzen, wurde ein Faden herumgeschlungen, dessen anderes Ende an einem festen Punkte in der Mauer, in geringer Höhe über dem Boden angeknüpft war. Die Grösse des Schwingungsbogens betrug gewöhnlich 15 bis 20 Grad. Sobald die Kugel des Pendels vollständig ruhig war, wurde der Faden an irgend einem Punkte seiner Länge abgebrannt,

die um die Pendelkugel geschlungene Schleife fiel zu Boden und jene, nur von der Schwerkraft getrieben, setzte sich in Gang und machte eine lange Reihe von Schwingungen, deren Ebene sich bald merklich verschob. Im Allgemeinen ist nach Verlauf einer halben Stunde die Verschiebung bereits so gross, dass sie deutlich in die Augen springt; allein es ist interessanter, die Erscheinung in der Nähe zu betrachten, um sich von dem ununterbrochen langsamen Fortrücken zu überzeugen. Zu dem Ende bedient man sich der verticalen Spitze eines auf einem Brettchen befestigten Stiftes, das man auf den Boden stellt, so dass die untere Verlängerung der hin- und herschwingenden Pendelkugel an der Gränze ihrer Ausschreitung an die feste Spitze streift. In weniger als einer Minute schon, hat dann das genaue Zusammenfallen beider Spitzen sein Ende erreicht; die Spitze der Pendelkugel verschiebt sich beständig gegen die Linke des Beobachters, als Anzeige, dass die Ablenkung der Schwingungsebene in gleicher Richtung geschieht, wie die scheinbare Drehung des Himmelsgewölbes. Die Grösse dieser Abweichung steht in vollkommener Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Theorie. Während am Nordpol, der Rechnung nach, die Grösse der Drehung, welche die Schwingungsebene des Pendels erleidet, 15 Grad beträgt, ist sie für die Breite von München nur 11,31 Grad, für Cayenne nur 1,31 Grad.

Foucault hat seine Versuche später in grösserm Maassstabe im Meridiansaale der Pariser Sternwarte mit einem Pendel von 11 Meter Länge angestellt, wobei die Verschiebung schon nach zwei Schwingungen des Pendels wahrnehmbar wurde. Einige Zeit nachher haben Garthe im Kölner und Schwerd im Speyerer Dome die Foucault'schen Versuche im grossartigsten Maasse wiederholt und bestätigt gefunden.

Foucault, Jean Bernhard Léon, geb. zu Paris am 18. Sept. 1819, als der Sohn eines Verlagsbuchhändlers. Seine ersten Studien bezogen sich auf die medicinischen Wissenschaften, doch zog er mathematische und physikalische Studien vor. Es ist das Verdienst Leverrier's, das eminente Talent Foucault's erkannt zu haben und dadurch, dass er ihn mit dem Titel eines Physikers an das Pariser Observatorium fesselte, seinem Eifer die Mittel gab, jene wichtigen Untersuchungen anstellen zu können, welche der Wissenschaft des neunzehnten Jahrhunderts zur bleibenden Zierde gereichen.

Unter diesen aber steht dasjenige Experiment in erster Reihe, welches vor 19 Jahren den Namen Foucault zu allen Gebildeten auf dem ganzen weiten Erdballe trug: der physikalische Beweis von der Axendrehung der Erde mittels des Pendels. Dass die Richtung der Schwingungsebene eines hin und her oscillirenden Pendels sich ändert, haben bereits die Mitglieder der alten Florentinischen Academie del Cimento beobachtet, allein Niemand hat dieser Bemerkung (die erst nach Foucault's Darstellung wieder an's Licht gezogen wurde) Aufmerksamkeit geschenkt. Dieser letztere Physiker vielmehr war der Erste, der die Behauptung aufstellte und begründete, dass die Richtung der Schwingungsebene des Pendels, indem sie sich langsam von

Ost nach West dreht, eine sichtbare Anzeige der täglichen Umdrehung des Erdkörpers um seine Axe bildet. Dieses Pendel-Experiment als sinnlicher, fast möchte man sagen greifbarer Beweis, für die Umdrehungs-Bewegung unserer Erde, lenkte die allgemeinste Aufmerksamkeit auf den Mann, der es erdacht hatte. Am 11. December 1850 erfolgte die Ernennung zum Ritter der Ehrenlegion. Napoleon schenkte dem genialen Physiker 10,000 Frcs., eine Summe, über die Foucault ausschliesslich im Interesse der Wissenschaft verfügte. „Er nahm," sagt Donné, „bisweilen seine Zuflucht zu dieser Kasse, aber stets mit Vorsicht und sorgte dafür, dann eine Audienz zu erbitten, um seinen hohen Beschützer zum Augenzeugen seiner interessanten Versuche zu machen."

Die Thüren der französischen Academie hatten sich dem vielgenannten, aber noch mehr verheissenden Physiker geöffnet; seine Thätigkeit erlahmte hierdurch keineswegs, im Gegentheil sehen wir, wie Foucault sich an immer grössern und schwierigern Problemen versucht und sie glücklich zu Ende führt. In dieser Hinsicht verdient seine Messung der Lichtgeschwindigkeit und hierdurch des Abstandes der Erde von der Sonne den ersten Rang. Die Keime dieser Arbeit gehen bis zum Jahre 1850 zurück, wo Foucault der französischen Academie das Resultat eines Differential-Versuchs über die Geschwindigkeit des Lichtes in zwei Medien von ungleicher Dichte mittheilte und zugleich anzeigte, dass später dasselbe, auf die Anwendung eines schnell rotirenden Spiegels gegründete Verfahren, zur Messung der absoluten Geschwindigkeit des Lichtes im leeren Raum gedient habe. Während er in solcher Weise thätig war, die Gränzen der Wissenschaft zu erweitern, blieb sein Augenmerk gleichzeitig nicht weniger auf Vervollkommnung derjenigen optischen Instrumente gerichtet, die in grösseren Dimensionen die ganze civilisirte Welt nur aus Deutschland beziehen kann, nämlich der grossen Fernrohre. Trotz aller Lobpreisungen ihrer optischen Künstler ist man bis zur heutigen Stunde in Frankreich durchaus nicht im Stande, grosse Refractore herzustellen, welche mit denjenigen, die von München aus nach allen Welttheilen versandt werden, concurriren können. Foucault fühlte diesen Uebelstand mehr als irgend ein Anderer und mit Eifer warf er sich darauf, demselben Abhülfe zu schaffen. Bald gelangte er indess zu dem Resultate, dass an die Herstellung grosser Refractore nicht zu denken sei, so lange man in Frankreich die Kunst, fehlerfreies optisches Glas in grösseren Dimensionen herzustellen, nicht verstehe. Die Fabricationsmethode dieses Glases wird bekanntlich in der optischen Anstalt zu München als tiefstes Geheimniss bewahrt. Foucault warf sich deshalb darauf, Spiegelteleskope zu verfertigen, deren Spiegel aus Glas bestehen, das von Innen auf chemischem Wege mit einer sehr dünnen, aber ausgezeichnet lichtstarken Silberschicht überzogen ist. Es gelang ihm dies auch auf so ausgezeichnete Weise, dass er mit dem Gedanken umging, gleich dem älteren Herschel mit der Anfertigung der Spiegelteleskope immer weiter und weiter zu gehen. Zunächst wollte er einen Spiegel von 1,2 Meter oder $44\frac{1}{3}$ Zoll Durchmesser

anfertigen lassen. Der Tod hat diese Pläne durchkreuzt. Am 12. Februar 1868 starb Foucault und schon am 4. März veröffentlichte der Moniteur eine Note, nach welcher der Kaiser Napoleon den Beschluss gefasst, die Vollendung der Werke des grossen Physikers durch eine jährliche Summe von 10,000 Frcs. aus seiner eignen Chatulle sicher zu stellen.

Fourier, Jean Baptiste Joseph, berühmter Mathematiker und Physiker, geb. am 21. März 1781 zu Auxerre als Sohn eines Schneiders, entwickelte schon in der Jugend so bedeutende Talente, dass er bereits im 16. Jahre Professor an der Kriegsschule und kurz darauf auch an der Polytechnischen Schule zu Paris wurde. Nachdem er Napoleon mit nach Aegypten begleitet, ward er, zurückgekehrt, Präfect des Isère-Departements, 1808 geadelt und 1817 Mitglied der Academie der Wissenschaften zu Paris. Fourier's Arbeiten beziehen sich fast ausschliesslich auf die mathematische Theorie der Wärme und zeichnen sich durch Tiefe des Gehaltes und Eleganz und Leichtigkeit der mathematischen Analyse aus.

Fraunhofer, Joseph, der berühmteste Optiker seiner Zeit, geb. am 6. März 1787 zu Straubing, gest. am 7. Juni 1826 zu München, der Sohn eines armen Glasers, kam zu dem Glasschleifer Weichselberg nach München in die Lehre, ward aber beim Zusammensturze des Häuschens seines Lehrherrn mit verschüttet, indess glücklich unter den Trümmern herausgezogen, worauf ihm König Ludwig von Baiern einige Goldstücke aus Mitleid schenkte. Mit dieser Hand voll Thalern wusste Fraunhofer zu gut zu wirthschaften, dass sie hinreichten, ihm die zum Selbststudium nothwendigen Werke zu verschaffen und gleichzeitig ihn von der letzten Zeit seiner Lehrjahre zu befreien. Im Jahre 1806 kam er als Optiker in das Institut von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr, brachte hier die Kunst, optisch fehlerfreies Glas herzustellen, zu hoher Ausbildung, ward 1809 Theilhaber und 1818 alleiniger Director des inzwischen weltberühmt gewordenen Instituts. Die von Fraunhofer gelieferten Fernrohre sind unbestritten die besten, welche man besitzt; seine grössten Objective erreichten übrigens bloss 9 Zoll Durchmesser, er war aber mit der Herstellung grösserer beschäftigt, als ihn der Tod ereilte.

Fraunhofer'sche Linien, heissen nach ihrem ersten genauern Beobachter die dunklen Verticallinien, von welchen das Spectrum des weissen Sonnenlichtes durchzogen erscheint. Fraunhofer unterschied (1814) im Sonnenspectrum 576 solcher Linien, gegenwärtig weiss man, dass ihre Anzahl zu gross ist um genau bestimmt werden zu können. Die Wichtigkeit dieser dunklen Linien für die Spectralanalyse verlangt eine eingehendere Betrachtung, weshalb hier auf den Artikel Spectralanalyse verwiesen wird.

Fritsch, Johann Heinrich, geb. am 3. Februar 1772 zu Quedlinburg, gest. am 11. April 1829 ebenda, war Pastor in seiner Vaterstadt und beschäftigte sich neben meteorologischen vielfach mit astronomischen Beobachtungen, hauptsächlich der Sonne.

Fritsch, Carl, geb. am 16. August 1812 zu Prag, anfangs Verwal-

tungsbeamter, dann Adjunct der Centralanstalt für Meteorologie in Wien, zuletzt Vice-Director derselben, machte sich zuerst durch fleissige und genaue Wolken-Beobachtungen bekannt, hierauf folgten phänologische Beobachtungen und viele meteorologische Untersuchungen, einige mit Rücksicht auf astronomische Wirkungen.

Frühling, bezeichnet eine der vier Jahreszeiten und zwar diejenige, welche dem Winter folgt. Er beginnt astronomisch für die nördliche Erdhalbkugel am 20. März, wenn der Sonnenmittelpunkt im Aequator steht und Tag und Nacht an Länge gleich sind. Der Frühling der Nordhemisphäre endigt, wenn die Sonne ihre grösste nördliche Declination erreicht, am 21. Juni. Beim Frühlingsanfange tritt die Sonne in das Zeichen des Widders, dagegen endigt der Frühling (und beginnt der Sommer), wenn die Sonne in das Zeichen des Krebses tritt. Für die südliche Halbkugel beginnt der Frühling, sobald die Sonne den Aequator erreicht und südwärts darüber hinausgeht, am 23. September und endigt, sobald die Sonne ihre grösste südliche Breite erreicht, am 21. December. Der Frühling der nördlichen Erdhalbkugel dauert also etwa 5 Tage länger, als jener der südlichen Hemisphäre. Die Ursache dieses Unterschiedes ist in der elliptischen Gestalt der Erdbahn und der Lage ihrer grossen Axe zu suchen. Zur Zeit des Frühlings der nördlichen Erdhalbkugel befindet sich die Erde weiter von der Sonne entfernt und ihre Bewegung — welche die scheinbare Bewegung der Sonne erzeugt — ist langsamer, als zur Zeit, wenn die südliche Erdhalbkugel Frühling hat. Die Sonne braucht daher einige Tage mehr dazu, die Zeichen des Widders, Stiers und der Zwillinge zu durchlaufen, als sie nöthig hat, um die gleich grossen Zeichen der Waage, des Scorpion und des Schützen zu durchlaufen. Dieses Verhältniss wird sich übrigens im Laufe der Jahrtausende umkehren und der Frühling der Nordhemisphäre kürzer, jener der südlichen Erdhälfte dagegen länger werden. Dass die hieraus hervorgehenden klimatischen Veränderungen übrigens nur gering sein werden, ist schon aus dem Grunde leicht einzusehen, weil überhaupt die Temperatur der einzelnen Jahreszeiten im Einzelnen grossen Schwankungen unterliegt und der Frühling ebensowenig meteorologisch genau mit dem 20. oder 21. März beginnt, wie bei uns der Winter genau mit dem 21. December einsetzt.

Frühlings-Nachtgleiche, Frühlings-Tag- und Nachtgleiche, Frühlings-Aequinoctien wird der Zeitpunkt genannt, in welchem die Sonne den Durchschnittspunkt der Ekliptik und des Aequators erreicht, sich nördlich wendet und für die Nordhalbkugel der Erde astronomisch der Frühling beginnt. Weil die Sonne zu dieser Zeit senkrecht über dem Erdäquator steht, macht sie Tag und gleich, so dass beide je 12 Stunden dauern.

Frühlingspunkt wird der Durchschnittspunkt der Ekliptik mit dem Aequator genannt, von welchem aus die Sonne anfängt sich nördlich vom Aequator zu entfernen. Von ihm aus werden die Grade der Länge sowohl wie der Rectascension gezählt, er ist der Nullpunkt der Zählung und gleichzeitig der Nullpunkt des Zeichens des Widders.

Da die Zeichen der Ekliptik nicht mit den eigentlichen Sternbildern zusammenfallen, so liegt der Frühlingspunkt zwar am Anfange des Zeichens des Widders, aber im Sternbilde der Fische.

Fundamentalsterne werden gewisse hellere Sterne genannt, deren Position am Himmel mit der äussersten Sorgfalt bestimmt wurde und die daher als Ausgangspunkte für die Rectascensions-Bestimmung anderer Fixsterne benutzt werden. Bekanntlich versteht man unter Rectascension den Winkelabstand eines Sternes vom Frühlingspunkte gemessen auf dem Himmelsäquator. Da indess der Frühlingspunkt sich am Himmel selbst durch Nichts auszeichnet, so kann man nicht direct den Abstand eines Sternes von demselben bestimmen, sondern muss dazu auf einem Umwege gelangen, indem man die Sonne zu Hülfe nimmt, die am 21. März in dem Augenblicke, wo ihr Mittelpunkt im Aequator steht (ihre Declination also Null ist), auch gleichzeitig im Frühlingspunkte steht. Ist nun wenigstens für einen Fixstern auf diesem Wege der Abstand vom Frühlingspunkte bestimmt, kennt man also wenigstens die Rectascension eines einzigen Fixsternes, so findet man die Rectascensionen aller übrigen Fixsterne sehr einfach. Man beobachtet nämlich die Anzahl von Stunden, Minuten und Secunden, um welche irgend ein Fixstern später durch den Meridian geht als der erste Stern, dessen Rectascension man bereits kennt. Jede Stunde Zeit entspricht aber 15°, jede Minute 15′, jede Secunde 15″; indem man solcher Art den Zeitunterschied in Winkelabstand verwandelt und diese Anzahl von Graden zu der Rectascension des ersten Sterns addirt, erhält man sofort die Rectascension des beobachteten Fixsterns. Da es schwierig sein würde, alle zu beobachtenden Sterne an einen einzigen Fundamentalstern zu knüpfen und da die Beobachtung um so schärfer ausfällt (schon wegen des nicht absolut genauen Ganges der Uhr), je kürzer der Zeitunterschied zwischen dem Meridiandurchgange des Fundamentalsterns und des zu bestimmenden Fixsterns ist, so hat man eine Anzahl von Sternen in allen Theilen des Himmelsgewölbes genau beobachtet und ihren Abstand vom Frühlingspunkt mit aller Sorgfalt festgestellt und diese Sterne bilden nun die Fundamentalsterne. Es ist eins der grössten Verdienste, welche sich Bessel um die Astronomie erworben hat, dass er, gestützt auf Bradley's unvergleichliche Beobachtungen, die genauen Oerter einer grossen Anzahl hellerer Sterne bestimmte und auf diese Weise einer bis dahin bestehenden grossen Unsicherheit und Lücke in der beobachtenden Astronomie ein Ende machte.

Die nachstehende Tafel (S. 212) enthält die mittleren Oerter der Fundamentalsterne, so wie die jährlichen Veränderungen derselben für 1870.

Funkeln der Sterne, Flimmern, Scintilliren der Sterne, nennt man jenes momentane Aufblitzen und Schwächerwerden der Fixsterne, welches durchgängig mit Farbenerscheinungen verbunden ist, wie man mit blossem Auge bisweilen recht deutlich am Sirius sehen kann. Die Planeten funkeln, mit Ausnahme des Merkur, nur höchst selten.

Die theoretische Erklärung dieser, wie Humboldt sagt, das Him-

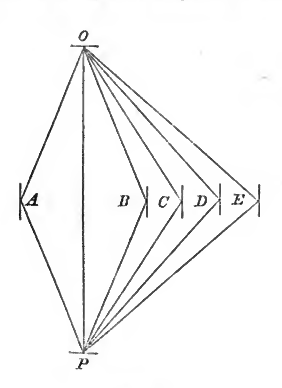
Mittlere Oerter der Hauptsterne für 1870.

Namen.	Mittlere Rectascension 1870.	Jährliche Veränderung 1870.	Mittlere Declination 1870.	Jährliche Veränderung 1870.
	h m s	s	° ′ ″	″
α Andromed.	0 1 40,290	+ 3,0866	+ 28 22 22,42	+ 19,909
γ Pegasi	0 6 32,680	+ 3,0823	+ 14 27 38,88	+ 20,034
α Cassiopej.	0 33 8,642	+ 3,3613	+ 55 49 26,56	+ 19,810
α Arietis	1 59 50,982	+ 3,3669	+ 22 50 47,69	+ 17,238
α Ceti	2 55 29,144	+ 3,1238	+ 3 34 40,66	+ 14,354
α Persei	3 15 3,264	+ 4,2485	+ 49 23 45,16	+ 13,175
α Tauri	4 28 27,813	+ 3,4358	+ 16 14 44,93	+ 7,634
α Aurigae	5 7 5,387	+ 4,4231	+ 45 51 45,41	+ 4,169
β Orionis	5 8 17,509	+ 2,8814	− 8 21 14,88	+ 4,471
β Tauri	5 18 4,550	+ 3,7882	+ 28 29 40,74	+ 3,455
α Orionis	5 48 8,119	+ 3,2476	+ 7 22 48,85	+ 1,038
α Can. maj.	6 39 25,037	+ 2,6462	− 16 32 23,80	− 4,731
α Gemin.*)	7 26 17,851	+ 3,8395	+ 32 10 15,20	− 7,451
α Can. min.	7 32 29,738	+ 3,1365	+ 5 33 21,34	− 8,803
β Gemin.	7 37 21,515	+ 3,6818	+ 28 20 15,89	− 8,325
α Hydrae	9 21 11,965	+ 2,9492	− 8 5 46,69	− 15,392
α Leonis	10 1 26,805	+ 3,2020	+ 12 36 5,80	− 17,421
α Urs. maj.	10 55 40,957	+ 3,7632	+ 62 27 7,20	− 19,359
β Leonis	11 42 25,659	+ 3,0655	+ 15 17 55,89	− 20,097
β Virginis	11 43 55,403	+ 3,1246	+ 2 29 50,09	− 20,287
γ Urs. maj.	11 46 59,004	+ 3,1901	+ 54 25 2,97	− 20,025
α Virginis	13 18 20,828	+ 3,1516	− 10 28 54,70	− 18,930
η Urs. maj.	13 42 24,984	+ 2,3731	+ 49 57 46,68	− 18,104
α Bootis	14 9 43,953	+ 2,7337	+ 19 51 38,42	− 18,895
1α Librae	14 43 29,966	+ 3,3055	− 15 27 17,39	− 15,230
2α Librae	14 43 41,413	+ 3,3065	− 15 29 58,72	− 15,208
β Urs. min.	14 51 6,671	− 0,2505	+ 74 41 10,65	− 14,762
α Coronae	15 29 11,096	+ 2,5387	+ 27 9 14,80	− 12,328
α Serpentis	15 37 51,982	+ 2,9503	+ 6 50 11,96	− 11,596
α Scorpii	16 21 26,392	+ 3,6674	− 26 8 26,44	− 8,381
α Herculis	17 8 43,280	+ 2,7334	+ 14 32 26,75	− 4,402
α Ophiuchi	17 28 54,043	+ 2,7817	+ 12 39 25,40	− 2,916
γ Draconis	17 53 35,402	+ 1,3936	+ 51 30 18,40	− 0,598
α Lyrae	18 32 32,246	+ 2,0312	+ 38 39 51,33	+ 3,124
γ Aquilae	19 40 4,782	+ 2,8527	+ 10 17 54,52	+ 8,487
α Aquilae	19 44 26,462	+ 2,9286	+ 8 31 37,38	+ 9,210
β Aquilae	19 48 55,685	+ 2,9475	+ 6 5 2,33	+ 8,694
1α Capric.	20 10 26,478	+ 3,3306	− 12 54 27,95	+ 10,817
2α Capric.	20 10 50,430	+ 3,3338	− 12 56 44,30	+ 10,846
α Cygni	20 37 0,020	+ 2,0429	+ 44 49 0,99	+ 12,690
α Cephei	21 15 28,516	+ 1,4375	+ 62 2 6,00	+ 15,107
β Cephei	21 26 58,376	+ 0,7999	+ 69 59 23,73	+ 15,702
α Aquarii	21 59 6,407	+ 3,0835	− 0 57 0,82	+ 17,327
α Pisc. austr.	22 50 27,743	+ 3,3296	− 30 18 37,86	+ 18,973
α Pegasi	22 58 17,221	+ 2,9839	+ 14 30 24,07	+ 15,322
α Urs. min.	1 11 16,925	+ 20,1140	+ 88 36 58,48	+ 19,093
δ Urs. min.	18 14 16,411	− 19,3980	+ 86 36 20,33	+ 1,269

*) Bei α Geminorum gilt die AR. für das Mittel beider Sterne, die Decl. für den Hauptstern. Nach **Thiele's** Bahn ist für 1870,5 die Reduction auf den Hauptstern: $\Delta\alpha = + 0^s{,}195$.

melsgewölbe anmuthig belebenden Erscheinung, hat den früheren Zeiten viel Schwierigkeiten gemacht und selbst Young verzweifelte daran, eine vollkommen genügende Erklärung zu finden. Dieses gelang indess kurze Zeit nachher Arago, indem er sich auf das Princip der Interferenzen stützte. Wir wollen den Erörterungen Arago's Schritt vor Schritt folgen.

Es sei (Fig. 27) O ein Punkt, der einfarbiges (homogenes) Licht, z. B. Roth ausstrahlt; A und B zwei reflectirende Spiegel, welche die gleich hellen Strahlen OA und OB nach dem nämlichen Punkt P einer Fläche oder eines Schirmes hinsenden. Wir nehmen an, dass die Länge der Wege OAP und OBP beider Strahlen, entsprechend einander gleich sei. Jeder Strahl für sich genommen, erleuchtet den Punkt P, beide Strahlen werden also verstärkte Helligkeit hervorbringen. Denken wir uns jetzt, dass der Spiegel B allmählich von links nach rechts fortrücke und dabei sich selbst parallel bleibe. Die Strahlen OC, OD u. s. w., werden jetzt die immer grössern Wege OCP, ODP u. s. w. durchlaufen. Betrachten wir während des Fortrückens des Spiegels B den Punkt P aufmerksam, so sehen wir, dass seine Helligkeit stufenweise abnimmt, bis endlich in der Lage C des Spiegels für P vollkommne Dunkelheit herrscht, obgleich zwei Lichtstrahlen OAP und OCP sich dort kreuzen. Geht man über die Lage C hinaus, so wird P wieder hell und zwar zunehmend, bis der Spiegel etwa D erreicht, dann folgt etwa in E wieder Dunkelheit u. s. f. Würde man in dem Augenblicke, in welchem P dunkel erscheint und der zweite Spiegel also etwa in C steht, einen undurchsichtigen Schirm abwechselnd auf die Wege OAP und OCP bringen, so würde man sich sofort davon überzeugen, dass jeder der beiden Strahlen für sich allein, den Punkt P vollkommen erleuchtet, dass die Dunkelheit hingegen erst aus ihrer Vereinigung entspringt. Dieser Vorgang, bei welchem zwei Strahlen sich verstärken oder aufheben, wird Interferenz genannt. Die nächste Ursache der Interferenz ist der Unterschied der von jenen Strahlen durchlaufenen Wege, von ihrem gemeinschaftlichen Ursprunge an bis zu ihrem Kreuzungspunkte auf dem Schirme in P. Sind diese Wege gleichlang, der Unterschied also Null, so verstärken sich die Strahlen. Nennt man d den kleinsten Unterschied in der Länge der durchlaufenen Wege, für welchen sich die Strahlen von neuem verstärken, so findet man, dass sich allgemein eine solche Verstärkung zeigt, wenn jener Unterschied der



Figur 27.

Länge der durchlaufenen Wege 0, d, 2d, 3d, 4d u. s. w. beträgt. Dagegen findet vollständige Dunkelheit statt, wenn der Unterschied der von den zwei Lichtstrahlen durchlaufenen Wege $\frac{1}{2}$d, $1\frac{1}{2}$d, $2\frac{1}{2}$d, $3\frac{1}{2}$d, $4\frac{1}{2}$d u. s. w. beträgt. Die Grösse d wird der Gangunterschied genannt und ist für verschiedene Farben ungleich; für die violetten Strahlen beträgt er 0,0004 Millimeter, für Grünlichblau 0,00049 Millimeter, für Dunkelroth 0,00064 Millimeter. Die ganze Aenderung von d zwischen den äussersten Farben des Sonnenspectrums beträgt nur 0,00023 Millimeter.

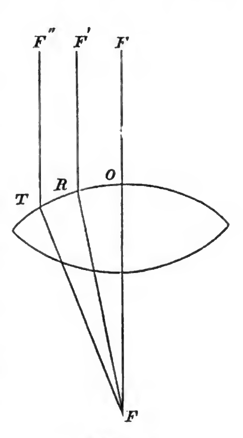
Das weisse Licht besteht aus einer Vereinigung farbigen Lichtes. Nehmen wir nun an, der Punkt O sende weisses Licht aus und man stelle dieselbe Reihe von Versuchen wieder an wie vorhin, indem man den Spiegel B sich von links nach rechts bewegen lasse. Es findet jetzt in keiner Lage von B absolute Dunkelheit bei dem Punkte P statt. Denn nehmen wir z. B. an, der Spiegel B stehe so, dass sich die violetten Strahlen in P gegenseitig vernichten, so wird hier Weiss weniger Violett übrig bleiben und das ist Gelb. Stände der Spiegel B so, dass sich die rothen Strahlen vernichteten, so würde in P Weiss weniger Roth d. h. Grün übrig bleiben. Aehnlich ist es für alle andern Farben.

Die Differenz der von zwei Strahlen durchlaufenen Strecken ist nicht der einzige Umstand, welcher die Art und Weise der Interferenz bestimmt; vielmehr spielt die Beschaffenheit oder vielmehr das Brechungsvermögen des von den Strahlen durchlaufenen Mediums ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Erscheinung; es wirkt genau ebenso wie ein Gangunterschied der Strahlen. Die zwei homogenen Strahlen OA und OB, welche von dem leuchtenden Punkte O ausgehen, werden unter der ebengemachten Voraussetzung gleicher Wegelängen in P verstärkte Helligkeit erzeugen. Würde aber einer der Strahlen ein Medium von etwas verschiedenem Brechungsvermögen durchlaufen, so kann dies genau so wirken, als habe er den grösseren Weg OCP zurückgelegt und es erfolgt in P Dunkelheit. Bei weissem Lichte finden unter denselben Verhältnissen in P Farbenerscheinungen statt.

Sehen wir nun zu, wie die vorstehend entwickelte Theorie sich auf das Funkeln der Sterne anwenden lässt. Zu diesem Ende untersuchen wir den Vorgang im Brennpunkte einer Glaslinse.

Um von einem in sehr grosser, als unendlich anzusehender Entfernung befindlichen Sterne nach dem Brennpunkte einer Linse in F (Fig. 28) zu gelangen, hat der centrale Strahl EO einen kürzern Weg EOF zurückzulegen, als der parallele seitliche Strahl E'R, der in der Nähe des Randes durch die Linse geht und gleichfalls nach F gelangt; dagegen hat der Strahl durch die Mitte eine dickere Schicht Glas zu durchlaufen. Diese grössere Länge seines Weges im Glase aber bewirkt genau die Compensation für die geringere in der Luft durchlaufene Strecke und eine ähnliche Compensation findet auch für alle andern Strahlen E''T u. s. w. statt. Die sämmtlichen Lichtstrahlen summiren sich folglich bezüglich ihrer Wirkung in F. Nur wird die Erfüllung der ausdrücklichen Bedingung erfordert, dass auf dem Wege

vom leuchtenden Punkte bis zur Ankunft an der ersten Oberfläche der Linse, sowie von ihrer zweiten Oberfläche bis zum Focus, die Strahlen in Medien von gleichem Brechungsvermögen sich bewegen. Der geringste Unterschied in dieser Beziehung vermag den relativen Zustand der Strahlen vollständig zu ändern und an Stelle gegenseitiger Verstärkung in P, dort gegenseitige Aufhebung herbeizuführen.



Figur 28.

Nehmen wir jetzt an, dass die links von der Mitte des Objectivs auffallenden Strahlen auf ihrem Wege in der Atmosphäre, Schichten durchlaufen, welche ihrer Dichtigkeit, Temperatur oder Feuchtigkeit wegen, ein etwas anderes Brechungsvermögen besitzen, als die Schichten, durch welche die Strahlen rechts gelangen. Die Folge dieses Umstandes wird sein, dass sich z. B. jetzt die rothen Strahlen rechts und links gegenseitig aufheben, so dass in F statt Weiss (Weiss weniger Roth, also) Grün erscheint, während gleich darauf die grünen Strahlen sich aufheben und in F Roth erscheint u. s. w.

Arago hat durch directe Versuche nachgewiesen, dass, wenn in einem Lichtbündel die rothen, grünen u. s. w. Strahlen sich nur zum zwanzigsten Theile durch Interferenz aufheben, dies schon ausreicht um im Vereinigungspunkte des Strahlenbündels statt weissen Lichtes farbiges Licht zu erzeugen. Beachtet man nun die grosse Strecke in der Atmosphäre, welche von den Lichtstrahlen durchlaufen wird und vergleicht damit die kleine Differenz im Brechungsvermögen, welche genügt, im Brennpunkte farbiges Licht zu erzeugen, so wird man es nicht mehr auffallend finden, dass z. B. bei der Beobachtung des in unseren Breiten ziemlich tief stehenden Sirius bis zu dreissig auf einander folgende Farbenänderungen in der Secunde wahrgenommen worden sind.

Die vorstehenden Erörterungen sind von Arago und diese Theorie des Sternfunkelns hat bis zur Gegenwart unbedingte Anerkennung gefunden.

Der Director der Capitolinischen Sternwarte in Rom, Lorenzo Respighi, hat indess der Academie dei Nuovi Lincei eine auf neue Beobachtungen gestützte Abhandlung über das Funkeln der Sterne überreicht, in welcher er zu dem Resultate kommt, dass die Theorie Arago's, welche sich auf das Princip der Interferenzen stützt, unhaltbar sei. Die hauptsächlichsten Ergebnisse, zu welchen die Beobachtung den römischen Gelehrten über das Flimmern der Sterne geleitet hat, sind folgende:

Bei Sternen nahe am Horizonte, beobachtet man im Spectrum mehr oder weniger lange und deutliche transversale helle und dunkle Linien, welche ungleich regelmässig und schnell das Spectrum vom rothen zum violetten Ende zu durchlaufen scheinen. Die Richtung dieser Linien ist für Sterne sehr nahe am Horizonte genau transversal.

Für immer höher stehende Sterne findet man, wenn das Spectrum horizontal ist, dass die hellen und dunklen Linien einen Winkel mit der Verticalen machen, der schnell mit der Höhe der Sterne über dem Horizonte zunimmt. Dieser Winkel ist Null für Sterne im Horizonte und 90 Grad für Sterne in 40 Grad Höhe über dem Horizonte. In viel grösseren Höhen werden die Linien longitudinal, aber sie sind bisweilen schwach und schlecht begrenzt; im allgemeinen werden sie um so schärfer, je geringer die Höhe des Sternes über dem Horizont ist. Wenn man das Prisma dreht, so vermindert sich die Neigung der Spectrallinien und sie werden gewöhnlich transversal, wenn das Spectrum fast vertical steht, gleichzeitig erscheinen sie dann auch schwächer.

Beobachtet man Sterne von gleichen Höhen über dem Horizonte oder an verschiedenen Theilen des Himmelsgewölbes (in verschiedenen Azimuthen), so zeigen sich die Spectralstreifen nicht immer gleich, wenngleich sehr übereinstimmend.

Die charakteristischen Linien der Sternspectra bleiben in allen Höhen gleich, ungeachtet der Bewegung der Scintillations-Linien. Ebenso ist gewöhnlich keine merkliche Verschiebung der verschiedenen Spectralfarben, keine Ueberlagerung der einen über die andere Farbe wahrzunehmen.

„Diese Resultate", bemerkt Respighi, „beweisen unbestreitbar, dass das Phänomen der Scintillation, weit entfernt, durch Interferenzen zu entstehen, vielmehr reeller und momentaner Abweichung der Richtung verschiedener Strahlen durch die Atmosphäre zuzuschreiben ist und dass durch Entziehung dieser Strahlen in den Bildern der Sterne jene fortwährenden Veränderungen der Intensität und Farbe hervorgerufen werden. Die Regelmässigkeit der Bewegung der Linien über das Spectrum, die Beziehungen dieser Bewegung zu den verschiedenen Azimuthen und die entgegengesetzte Richtung dieser Bewegung für die Sterne im Westen gegenüber denjenigen im Osten, beweisen klar, dass die Wellen oder die heterogenen atmosphärischen Schichten successive über die Lichtstrahlen, welche zu uns von dem Sterne gelangen, geführt werden, und zwar nicht durch die zufälligen, innern Bewegungen der Atmosphäre, sondern durch eine allgemeine Bewegung derselben im Ganzen, die gegen Westen aufsteigt und sich gegen Osten herabsenkt, wie es genau mit dem täglichen Umschwung der Erde der Fall ist."

Die Theorie Respighi's bedarf übrigens noch sehr der Bestätigung von den Einwürfen, die man ihr machen kann, soll hier nur ein einziger erwähnt werden.

Nach Respighi entsteht die Scintillation durch die Gesammt-

bewegung der Atmosphäre, welche sich mit der ganzen Erde einmal umdreht.

Nun kann man aber selbst bei Gegenständen innerhalb der Atmosphäre und in sehr grosser Nähe des Beobachters Scintillation hervorrufen. Die Sonnenstrahlen scintilliren z. B., wie schon Hooke beobachtet hat, sehr lebhaft, wenn sie von einem unter einen sehr kleinen Gesichtswinkel gesehenen Glase reflectirt werden. Diese Thatsache steht in sehr klarer Beziehung zu der Theorie Arago's, während sie mit derjenigen Respighi's nicht zu vereinigen ist.

Galilei, Galileo, geb. am 18. Februar 1564 zu Pisa, gest. am 8. Januar 1642 zu Arcetri in Toscana, vielleicht der am meisten genannte Physiker seiner Zeit. Schon in der Jugend zeigte er grosse Geschicklichkeit, ward 19 Jahre alt, als Chorknabe im Dome zu Pisa auf die Gesetze des Pendels geleitet und erfand 1586 die Wasserwaage. Drei Jahre später zum Professor der Mathematik an der Universität Pisa ernannt, beschäftigte er sich in seinem neuen Wirkungskreise besonders mit den Fallgesetzen (Experimente am schiefen Thurme), eiferte gegen die scholastische Philosophie und ward gezwungen, 1592 Pisa zu verlassen. Er ging nach Florenz und von hier nach Padua, wo seine Vorlesungen ausserordentlichen Zulauf fanden und er seine Untersuchungen über die Fallgesetze zu Ende führte. Nachdem er hier Nachricht von der Erfindung des Fernrohrs in Holland erhalten hatte, glückte es ihm, ein solches zusammenzusetzen, das ihm, auf dem Himmel angewandt, sofort eine Fülle neuer und überraschender Beobachtungen zubrachte. Seine Stellung ward von der Republik Venedig auf Lebenszeit fixirt, allein Galilei liess sich 1610 verleiten wieder nach Pisa zu gehen, wo er durch neue Beobachtungen und in Schriften das Weltsystem des Copernikus unterstützte. Dieses und persönliche Umstände, die Galilei durch die Heftigkeit seines Charakters zum Theil selbst herbeigeführt hatte, wurden die Veranlassung das er nach Rom berufen ward, um sich zu verantworten. Im Jahr 1617 kehrte er nach Florenz zurück; 1632 liess er seinen berühmten Dialogo unter päpstlicher Censur erscheinen, ein Buch, in welchem drei Personen sich über das Copernikanische und Ptolemäische Weltsystem unterhalten. Abermals, in Folge von Intriguen und Ränken, nach Rom berufen, wurde Galilei vor das Requisitionstribunal gestellt und entwürdigte seinen wissenschaftlichen Charakter durch Nachschwören der ihm unter Drohungen vorgelegten Eide. Sich erhebend soll er mit halblauter Stimme gerufen haben: E pur si muove (Und sie bewegt sich doch), allein diese Erzählung ist, wie gegenwärtig nachgewiesen, bloss eine Erdichtung und kann auch in keinem Falle etwas dazu beitragen, Galilei's Schwäche zu beschönigen. Von Rom wurde er zuerst nach Siena, dann nach Arceti bei Florenz verwiesen. Hier lebte er halb erblindet, den Rest seiner Tage mit Mechanik und Ballistik beschäftigt, entdeckte noch die Libration des Mondes und entwarf Tafeln der Bewegung der Jupitersmonde.

Galilei'sches Fernrohr, auch Holländisches Fernrohr, wird das in

Holland erfundene und unabhängig hiervon auch von Galilei construirte Fernrohr genannt, dessen Objectiv biconvex und dessen Ocular biconcav ist. Dieses Instrument besitzt selbst bei schwachen Vergrösserungen nur ein relativ kleines Gesichtsfeld, weshalb es nur zu Taschenfernrohren und Theaterperspectivs, nicht aber für wissenschaftliche Zwecke Verwendung findet. Vergl. auch Fernrohr.

Galilei'sche Zahl, eine gegenwärtig veraltete Benennung für die Zahl (15) der Pariser Fusse, welche ein freifallender Körper in der ersten Secunde zurücklegt. Vergl. auch den Art. Fall der Körper.

Galle, Johann Gottfried, geb. am 9. Juni 1812 bei Gräfenhainichen, unweit Wittenberg, ward unter Encke Gehülfe an der Sternwarte zu Berlin, wo er am 2. December 1839, am 25. Januar und am 6. März 1840 Kometen entdeckte, sowie am 23. September 1846 den Neptun nach Leverriers Anweisung zuerst auffand. Seit 1851 Director der Sternwarte in Breslau und Professor an der dortigen Universität.

Gallet, Jean Charles, Probst an der Kirche St. Symphorien zu Avignon, schrieb einige astronomische Bücher, die heute mit Recht vergessen sind, doch machte er 1684 zuerst darauf aufmerksam, dass der Planet Saturn excentrisch gegen seinen Ring steht.

Galloway, Thomas, geb. am 26. Februar 1796 zu Lanarckshire, gest. am 1. November 1851 zu London, war Anfangs Lehrer am Militär-College zu Sandhurst, dann Beamter einer Londoner Lebens-Versicherungs-Gesellschaft. Der astronomischen Welt machte er sich durch seine Untersuchung über die Eigenbewegung des Sonnensystems vortheilhaft bekannt.

Gambart, Jean Felix Adolph, geb. im Mai 1800 zu Cette, gest. am 23. Juli 1836 zu Paris, berühmter Kometenentdecker, der in den Jahren 1822—1834 13 Kometen auffand, von denen ihm freilich nur bei 4 die Priorität zuerkannt blieb. Anfangs für den Marinedienst bestimmt, widmete er sich unter Bouvard's Leitung der Astronomie, ward 1819 Adjunct und drei Jahre später Director der Sternwarte zu Marseille, erlag jedoch im besten Lebensalter den Beschwerden seiner Arbeiten.

Garthe, Caspar, geb. am 15. Juli 1796 zu Frankenberg in Hessen, erst Privatdocent an der Universität in Marburg, ging dann als Lehrer der Mathematik und der Naturwissenschaften an das Gymnasium zu Rinteln und hierauf in ähnlicher Stellung nach Köln. Garthe ist der Erfinder der Kosmogloben, der bequemsten und schönsten Vorrichtung, um alle astronomischen Erscheinungen des Himmelsgewölbes darzustellen; wiederholte 1852 Foucaults Pendelversuche im hohen Chore des Kölner Domes und schrieb Mehreres über physikalische und meteorologische Gegenstände.

Gascoigne, William, geb. um 1621 zu Middleton, gefallen am 2. Juli 1644 in der Schlacht von Marston Moor, war der Erste, der das Fadenkreuz in den Brennpunkt des Fernrohrs brachte und dadurch erst diesem Instrumente seinen eigentlichen Werth für die Messung von Winkeln gab.

de Gasparis, Annibale, geb. am 9. November 1819 zu Bugnara

in der Provinz Abruzza ultra secunda, ward durch Capocci für die Astronomie gewonnen und später Astronom auf der königl. Sternwarte Capo di Monte bei Neapel. de Gasparis hat sich der gelehrten Welt durch verschiedene mathematische Abhandlungen, hauptsächlich aber durch die Entdeckung von 9 kleinen Planeten bekannt gemacht.

Gassendi, Pierre, geb. am 22. Januar 1592, gest. am 24. October 1655 zu Paris, wurde 1616 Professor der Philosophie zu Aix, später 1645 Professor der Mathematik am Collége royal zu Paris, ein vielseitig gebildeter Gelehrter, der, ohne selbst bedeutende Entdeckungen zu machen, durch sein persönliches Wirken mit zur Hebung der Naturwissenschaften beitrug. Gassendi beobachtete am 7. November 1631 den ersten von Kepler nach seinen neuen Planetentafeln vorherberechneten Durchgang des Merkur.

Gaubil, Antoine, geb. am 14. Juli 1689 zu Gaillac in Languedoc, gest. am 24. Juli 1759 zu Pecking, ging 1723 als Missionar nach China, und machte sich durch Uebersetzung Chinesischer Werke über Astronomie und Mittheilung alter Chinesischen Beobachtungen um die Wissenschaft verdient.

Gauss, Karl Friedrich, nach Laplace's Ausdruck der grösste Mathematiker Europas, geb. am 30. April 1777 zu Braunschweig, gest. am 23. Februar 1855 zu Göttingen, Sohn eines armen Handwerkers, gab schon früh ausserordentliche Proben seines erstaunlichen Scharfsinns in Lösung mathematischer Probleme. Von 1792—1795 besuchte er das Collegium Carolinum in Braunschweig und studirte darauf von 1795—1798 in Göttingen. Als die von Piazzi entdeckte Ceres in den Sonnenstrahlen verschwunden war und alle Mathematiker Europas sich vergebens bemüht hatten, aus der kurzen Zeit der Beobachtung des Planeten, eine genaue Bahn ohne alle hypothetischen Voraussetzungen abzuleiten, gab Gauss, indem dieses Problem gerade für ihn eine entsprechende Uebung darstellte, eine Lösung der Aufgabe, welche unmittelbar die Auffindung des Planeten herbeiführte, und die selbst heute noch keiner wesentlichen Verbesserung fähig erschienen ist. Im Jahre 1807 wurde Gauss ordentlicher Professor der Mathematik und Director der Sternwarte in Göttingen und fuhr unermüdlich fort die reine und angewandte Mathematik mit den wichtigsten Lehrsätzen und Untersuchungen zu bereichern. Von 1821—1824 führte er die Hannoversche Gradmessung aus, wobei das von ihm erfundene Heliotrop in Anwendung gebracht wurde. Die Theorie des Erdmagnetismus trat in ein ganz anderes Stadium ihrer Entwicklung, seit Gauss ihre Entwicklung in die Hand nahm. Von besonderer Wichtigkeit für die Astronomie wurde die von Gauss erfundene Methode der kleinsten Quadrate. Was Newton's Arbeiten zum Ruhme Englands, was Laplace für sein specielles Vaterland Frankreich, das wird Gauss für alle kommenden Zeiten für Deutschland sein.

Gauthier, Alfréde, geb. am 18. Juli 1793 zu Genf, war Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Genf von 1819—1839, schrieb verschiedene Abhandlungen zur Geschichte der Astronomie,

und stellte Untersuchungen über den Einfluss der Sonnenflecken auf die Temperatur an der Erdoberfläche an.

Gegenfüssler, Antipoden, werden die Bewohner aller derjenigen Punkte der Erdoberfläche genannt, welche einander diametral entgegenstehen. Der Grund dieser Benennung ist leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass die Linie vom Kopfe zu den Füssen des Menschen verlängert stets nach dem Erdmittelpunkt zugeht und zwei diametral einander gegenüberstehende Bewohner der Erdoberfläche, daher einander ihre Füsse zukehren. Oben und Unten sind hier durchaus relative Begriffe; Oben ist allenthalben über dem Haupte, Unten unter den Füssen des Menschen.

Die Antipoden wohnen unter gleichen aber entgegengesetzten Breiten und ihre geographischen Längen sind stets um 180° von einander verschieden. Mit Ausnahme für die Bewohner des Aequators, sind ihre Jahreszeiten stets entgegengesetzt und ihre Ortszeiten um 12 Stunden von einander verschieden. Wenn nun irgend einem Beobachter ein Gestirn aufgeht, so geht es für seinen Antipoden unter und umgekehrt.

Gegenschattige, werden noch bisweilen die Bewohner solcher Orte der Erdoberfläche genannt, deren Schatten um Mittag nach entgegengesetzten Seiten fällt. Die Bezeichnung hat übrigens gar keinen Werth und man muss sich freuen, dass diese und ähnliche Unterscheidungen immer mehr ausser Gebrauch kommen, da sie keineswegs productiv genannt werden können.

Gegenschein, siehe Aspecten.

Gegenbewohner, werden die Bewohner derjenigen Orte genannt, welche entgegengesetzte geographische Breiten haben, aber unter derselben Hälfte des Meridian liegen. Ein besonderer Nutzen dieser Unterscheidung — auf die in der Zeit der Schulmeisterweissheit besonderes Gewicht gelegt wurde — leuchtet mir nicht ein.

Geocentrisch, wird alles das genannt, was sich auf den Mittelpunkt der Erde bezieht. So spricht man z. B. von der geocentrischen Breite eines Planeten und versteht darunter die Breite dieses Planeten, wie sie sich einem Beobachter im Mittelpunkte der Erde darstellen würde. Dass man diese Breite natürlich nur durch Rechnung aus wirklich (an der Erdoberfläche) beobachteten Breiten ableiten kann, ist klar. Im Gegensatz zu geocentrisch wird oft heliocentrisch (s. d.) erwähnt.

Gerade Aufsteigung, Rectascension, s. Aufsteigung gerade.

Geschwindigkeit bezeichnet das Verhältniss der Zeit zu dem während derselben zurückgelegten Raume. Als Einheit wird gewöhnlich die Zeitsecunde angenommen. Wenn ein Körper in gleichen Zeiten gleiche Räume durchläuft, so ist seine Geschwindigkeit eine gleichförmige, im entgegengesetzten Falle ist sie ungleichförmig ungleichmässig, veränderlich. Nimmt die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers in jedem Augenblicke zu, so wird sie beschleunigte, nimmt sie ab, so wird sie verzögerte Geschwindigkeit genannt, beide können dazu gleichförmig oder ungleichförmig sein.

Unter absoluter Geschwindigkeit versteht man den Raum, den ein bewegter Körper in einer gewissen Zeit in der That zurücklegt, unter relativer Geschwindigkeit dagegen die Geschwindigkeit eines Körpers, bezogen auf einen anderen Körper, der sich selbst bewegt.

In der Astronomie bezeichnet man als grösste Geschwindigkeit eines Planeten diejenige Bahnbewegung, die er im Punkte seiner Sonnennähe besitzt, als kleinste Geschwindigkeit diejenige Bahnbewegung, welche er im Punkte seiner Sonnenferne besitzt. Unter mittlerer Geschwindigkeit versteht man dagegen in der Astronomie den Quotienten aus dem Umfange der Bahn des Planeten dividirt durch seine Umlaufszeit. Die nachstehende kleine Tafel enthält die mittleren Geschwindigkeiten der Hauptplaneten und der vier grösseren Asteroiden in ihrer Bahn.

Merkur . .	6,7 Meilen.	Ceres . . .	2,5 Meilen.
Venus . . .	4,9 „	Pallas . . .	2,5 „
Erde . . .	4,7 „	Jupiter . .	1,7 „
Mars . . .	3,4 „	Saturn . . .	1,3 „
Vesta . . .	2,7 „	Uranus . .	1,0 „
Juno . . .	2,6 „	Neptun . .	0,8 „

Nur selten wird übrigens in der Astronomie, wenn von der Geschwindigkeit der Planeten die Rede ist, auf die lineare Geschwindigkeit in Meilen etc. zurückgegangen; vielmehr hat man hierbei durchgängig die Winkelgeschwindigkeit im Auge, gleichgültig, welchen linear gemessenen (in Meilenmaass ausgedrückten) Weg der betreffende Himmelskörper dabei zurücklegt. Der Grund, weshalb der Astronom sich blos um die Winkelgeschwindigkeit der Himmelskörper kümmert, ist einfach der, weil diese vollkommen hinreicht, um den Ort der Gestirne am Himmelsgewölbe darzustellen, und also ein Zurückgehen auf die wahren, linearen Geschwindigkeiten, nur unnütze Arbeit verursachen, ja in vielen Fällen, z. B. bei den meisten Fixsternen, deren Entfernung unbekannt ist, überhaupt nicht ausführbar wäre. Die mittleren Winkelgeschwindigkeiten der Planeten werden in der Astronomie so angegeben, dass man die Zahl der Bogensecunden bezeichnet, welche der betreffende Planet im Mittel in einem Tage am Himmel durchläuft. Man erhält diese Werthe sehr leicht, wenn man den ganzen Kreisumfang (360°) durch die in Tagen und deren Theilen ausgedrückte Umlaufszeit dividirt. Nimmt man die tropischen Umlaufszeiten (s. d.) der Planeten zur Grundlage, so erhält man folgende Werthe für die mittleren täglichen tropischen Bewegungen der bereits oben angeführten Planeten:

Merkur . .	14732,5573″	Ceres . . .	771,7010″
Venus . .	5767,8074	Pallas . . .	770,5310
Erde . . .	3548,3304	Jupiter . . .	299,2661
Mars . . .	1886,6559	Saturn . . .	120,5923
Vesta . . .	977,8130	Uranus . . .	42,3707
Juno . . .	812,3350	Neptun . . .	21,4203

Vergleicht man diese Zahlen mit den obigen, welche die mittleren Geschwindigkeiten in Meilenmaass ausgedrückt enthalten, so zeigt sich, dass die Verhältnisse der mittleren Winkelgeschwindigkeiten der Pla-

neten unter einander keineswegs mit den Verhältnissen ihrer linearen Bewegungen übereinstimmen.

So verhält sich z. B. die wahre mittlere Geschwindigkeit des Merkur zu der der Venus wie 6,7 : 4,9 = 1,37 : 1, während das Verhältniss der mittleren Winkelgeschwindigkeiten derselben 14733 : 5768 = 2,55 : 1. Man kann also aus den Winkelgeschwindigkeiten niemals einen Schluss auf die wahren Geschwindigkeiten machen und zwar, wie man leicht begreift, weil bei ersteren die Entfernung des bewegten Körpers von uns nicht in Anschlag gebracht wird, während doch gerade diese Entfernung von grösster Wichtigkeit für die lineare Länge des Weges ist, der irgend einem Auge unter einem bestimmten Winkel erscheint.

Ich gebe nachstehend eine Tabelle verschiedener Geschwindigkeiten, die zwar eigentlich nicht in das Gebiet der Astronomie gehört, die aber doch behufs Vergleichung für Manchen von Interesse sein wird.

		Pariser Fuss pro Secunde.
Geschwindigkeit	der Schnecke	0,005
„	mittlere, der Flüsse	4
„	eines mässigen Windes	10
„	des Sturmes, circa	50
„	„ stärksten Orkans, circa	120
„	einer Büchsenkugel	1500
„	„ 24pfündigen Kanonenkugel	2300
„	des Schalles in der Luft	1074
„	„ „ „ Silber	9700
„	„ „ „ Messing	11500
„	„ „ „ Kupfer	12900
„	„ Erdmittelpunktes bei seiner Fortbewegung um die Sonne	95000
„	eines gewöhnlichen Fussgängers	4
„	„ raschen Fussgängers	7
„	der Schnellpost	10
„	eines schell segelnden Schiffes	15
„	„ Dampfschiffes	22
„	„ Güterzuges	30
„	„ Personenzuges	40
„	„ Courierzuges	65
„	„ Windhundes	78
„	„ Adlers, circa	95
„	einer Brieftaube, circa	100

Die Geschwindigkeit eines Punktes des Aequators bei der täglichen Umdrehung stellt sich für diejenigen Planeten, deren Umdrehungszeit bekannt ist, in Pariser Fussmaass heraus wie folgt:

Merkur	550	Pariser Fuss.
Venus	1,420	„ „
Erde	1,432	„ „
Mars	759	„ „
Jupiter	40,200	„ „
Saturn	32,800	„ „
Sonne, circa	6,000	„ „

Gesichtsfeld wird der Raum genannt, den das Auge gleichzeitig zu überschauen vermag. Meist gebraucht man diesen Ausdruck jedoch

in Beziehung auf Fernrohre und Mikroskope, deren Gesichtsfeld ein Kreis ist und dessen Grösse man in Graden und deren Theilen bestimmt. Ueber die Berechnung der Grösse des Gesichtsfeldes bei Fernrohren. S. Fernrohr und Spiegelteleskop.

Gesichtstäuschungen. Unter der grossen Anzahl von Täuschungen dieser Art gehören hierhin blos diejenigen, welche auf speziell astronomischem Gebiete auftreten.

Als nächste und allgemeinste Gesichtstäuschung muss der scheinbar eingedrückten Gestalt des Himmelsgewölbes gedacht werden. Dieselbe stellt sich sowohl dar am wolkenlosen, blauen Himmel bei Tage, als bei sternbesäetem Firmamente in der Nacht. Das Himmelsgewölbe erscheint nicht als Halbkugel, sondern als Abschnitt einer Kugelfläche, deren Höhe sich zum Halbmesser der Grundfläche ungefähr wie 1 zu 3, oder nach Drobisch wie 11 zu 37 verhält. Der Grund dieser merkwürdigen Anomalie ist darin zu suchen, dass das Auge blos nach der horizontalen Richtung einen einigermaassen sichern Maassstab der Entfernung gewinnt, während es in verticaler Richtung, also senkrecht über dem Scheitel des Beobachters keinen directen Anhaltspunkt besitzt und nur die Luftperspective hier eine gewisse eingebildete mittlere Entfernung hervorruft. Auf hohen Bergen, wo man eine weite Fernsicht hat, erscheint das Himmelsgewölbe noch mehr abgeflacht als in der Ebene.

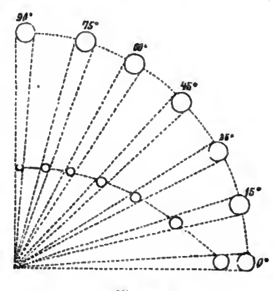


Fig. 29.

Mit der eingedrückten Gestalt des Himmelsgewölbes enge zusammen hängt die Augentäuschung, in Folge deren Sonne und Mond, sowie auch die Sternbilder in der Nähe des Horizonts sehr vergrössert erscheinen. In Wirklichkeit findet eine solche Vergrösserung nicht statt, sondern im Gegentheile sind die Scheiben von Sonne und Mond im Horizont kleiner als im Zenith, weil beide Gestirne im erstern Falle um den Halbmesser der Erde weiter von dem Beobachter entfernt stehen.

Cartesius scheint der Erste gewesen zu sein, der die Erscheinung dadurch erklärte, dass das Auge wegen der Menge der zwischenliegenden Gegenstände im Horizonte die Entfernung unverhältnissmässig grösser schätze, als sie ist, und daher das Object bei unverändertem Gesichtswinkel für grösser halte. Dieser Erklärung stimmten auch Gregory und Huygens bei, wogegen Molineux meinte, dass dann Sonne und Mond hoch am Himmel stehend, auch dann grösser erscheinen müssten, wenn man längs eines Mastes, oder Kirchthurmes nach ihnen hinschaue. Smith brachte die Erscheinung zuerst in richtige Verbindung mit der eingedrückten Gestalt des scheinbaren Himmelsgewölbes, wonach, wie die obenstehende Fig. 29. zeigt, jede

Grösse nahe am Horizont vermehrt erscheint. Wenn man durch zwei hinreichend lange und schmale, beiderseits offene Röhren, deren jede vor ein Auge gehalten wird, nach dem in der Nähe des Horizonts stehenden Monde schaut, so erblickt man nach einer kleinen Weile seinen Umfang beträchtlich verkleinert und seine Grösse sehr nahe derjenigen gleich, welche er hoch am Himmel stehend zeigt. Dieser Versuch gelingt, wie ich mich überzeugt habe, zum Theile auch mit einer Röhre, wenn man das andere Auge schliesst. Nürnberger bemerkt, dass man auch bei einem Panorama den aufgehenden Mond grösser schätze, als den hoch am Himmel stehenden, obgleich natürlich die wahre Grösse in beiden die nämliche ist.

Eine andere Augentäuschung ist das sogenannte Kleben der Sterne an der Mondscheibe. Sobald der Mond bei seiner Fortbewegung einem Sterne nahe kommt, erkennt man im Fernrohre deutlich, wie der Abstand desselben vom Mondrande von Secunde zu Secunde kleiner wird, bis die Berührung stattfindet. Allein in diesem Momente verschwindet der Stern nicht hinter der Mondscheibe, sondern es kommt bisweilen vor, dass derselbe deutlich auf die Scheibe tritt, hier ein paar Secunden verbleibt und dann erst verschwindet. Diese Erscheinung ist so häufig und von den verschiedensten Astronomen wahrgenommen worden, dass an ihrer Richtigkeit nicht gezweifelt werden kann. Dass das Ganze nur Täuschung ist, ist klar, aber die spezielle Ursache, welche diese Täuschung veranlasst, ist zur Zeit noch keineswegs erkannt.

Gestirne nennt man alle diejenigen glänzenden Körper, welche sich unsern Blicken am Himmelsgewölbe zeigen und scheinbar einen Gegensatz zu unserer Erde bilden, obgleich in Wirklichkeit letztere ebenfalls ein Gestirn unter den Millionen von Gestirnen ist. Man bezeichnet auch bisweilen die Verbindung mehrerer Sterne zu einem Gesammtbilde als Gestirn, worüber der Artikel Sternbilder nachzuschlagen ist.

Gewicht nennt man die Grösse des Druckes, welchen ein Körper in Folge seiner Schwere auf seine Unterlage ausübt. Die Grösse des Gewichtes hängt von der Menge der Massentheilchen oder Elemente der Körper ab und ist diesen direct proportional.

Gillis, J. M., geb. am 6. September 1811 zu Georgestown, im District Columbia, trat 1827 als Seecadet in die Marine der Vereinigten Staaten, ward 1833 Lieutenant, machte sich um die Errichtung des Naval Observatory 1842 in Washington sehr verdient und befehligte 1849 eine astronomische Expedition nach Chile, um durch Mikrometermessungen der Positionsdifferenzen der Venus in der Nähe des östlichen und westlichen Stillstandes die Sonnenparallaxe zu ermitteln Die Expedition erreichte zwar ihren Zweck nicht, doch veranlasste Gillis den Bau der Sternwarte zu St. Jago in Chile.

Gioja Flavio lebte im Anfange des 14. Jahrhunderts und ist wahrscheinlich in Amalfi oder der Umgebung dieser Stadt geboren. Man hat ihm die Erfindung des Compasses lange, aber mit Unrecht, zugeschrieben. Er hat denselben nur verbessert.

Gleichung bezeichnet im Allgemeinen in der Astronomie diejenige Correction oder denjenigen Betrag, welchen man zu einem mittleren Werthe addiren oder davon subtrahiren muss, um den wahren Werth zu erhalten.

Gleichung der Bahn oder des Mittelpunktes, heisst der Unterschied zwischen der mittleren und wahren Anomalie (s. d.) oder zwischen dem mittleren und wahren Orte eines Planeten. Wäre die Bewegung der Planeten gleichförmig, so würde der mittlere Ort jedes derselben in seiner Bahn mit dem wahren Orte stets zusammenfallen und die Gleichung der Bahn wäre Null. Da indess die Bewegung der Planeten ungleichförmig, in der Sonnennähe am schnellsten, in der Sonnenferne am langsamsten ist, so denkt man sich neben jedem wirklichen Planeten einen fingirten, der dieselbe Bahn mit gleichförmiger Geschwindigkeit durchläuft und mit dem wahren Planeten stets gleichzeitig durch die Endpunkte der grossen Axe der Bahn geht. Zu dem Orte dieses mittleren Planeten in seiner Bahn, den man stets leicht findet, hat man nun bloss die Gleichung der Bahn mit Rücksicht auf ihr Vorzeichen hinzuzulegen, um den wahren Ort des Planeten sofort zu haben. Für Planetenbahnen, welche nur sehr wenig vom Kreise abweichen, findet sich die Grösse g der Mittelpunktsgleichung in Bogensecunden ausgedrückt, für jede mittlere Anomalie m sehr leicht durch folgende Formel:

$$g = 412529{,}6'' \times \varepsilon \times \sin\, m,$$

wo ε die Excentricität der Bahn bedeutet.

Berechnet man nach vorstehender Formel für $\varepsilon = 0{,}056$ die Gleichung der Bahn für die mittlere Anomalie von $146^0\ 32'\ 27''$, so findet sich $g = 12748''$ und also die wahre Anomalie oder der wahre Ort des Planeten in seiner Bahn vom Perihel an gerechnet $= 150^0\ 4'\ 55''$. Diese Rechnung ist übrigens nicht ganz scharf, weil die obige Formel nur annähernd genau ist.

Die Grösse der Mittelpunktsgleichung eines Planeten im Allgemeinen wird durch die Excentricität seiner Bahn bedingt. Die grösste Mittelpunktsgleichung ist sehr nahe gleich dem doppelten Winkel, dessen Sinus gleich der Excentricität ist. Für die Hauptplaneten findet man als grösste Mittelpunktsgleichung:

Merkur . .	23°	40′	43,6″	Jupiter . .	5°	31′	13,6″
Venus . .		47	13,8	Saturn . .	6	26	12,1
Erde . . .	1	55	27,6	Uranus . .	5	20	32,8
Mars . . .	10	41	33,3	Neptun . .		58	25,1

Man vergl. die Artikel Anomalie und Kepler'sches Problem.

Gleichung, jährliche, des Mondes, wird eine der drei grossen Ungleichförmigkeiten der Mondbewegung genannt, welche daraus entspringt, dass die Erde nicht immer in der nämlichen Entfernung von der Sonne sich befindet. Die Grösse dieser Ungleichförmigkeit hängt von dem Sinus der mittleren Anomalie der Sonne ab, und erreicht im Maximum etwa 11′.

Wie in dem Artikel Störungen gezeigt wird, verhalten sich die Kräfte, welche die reine, elliptische Bewegung eines Himmelskörpers stören, umgekehrt wie der Kubus des Abstandes des störenden Körpers.

Da die Erde sich nun in einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt, so wird die störende Kraft der Sonne sich fortwährend vermindern, während unser Planet vom Perihelium zum Aphelium geht, sie wird aber wieder zunehmen, wenn die Erde über das Aphelium hinaus und dem Perihelium zueilt. Die Erde wird auf ihrer Bahn um die Sonne stets von dem Mond begleitet und umkreist; der störende Einfluss der Sonne auf die Mondbewegung wird daher seinen grössten Werth erreichen, wenn die Erde im Perihel steht, seinen kleinsten, wenn sie im Aphelium ist. Dieser störende Einfluss der Sonne äussert sich dem Monde gegenüber nur dadurch, dass, während die Erde dem Perihel zueilt, die Mondbahn eine stufenweise Erweiterung erfährt, der Mond also sich mehr und mehr von der Erde entfernt; bewegt sich dagegen die Erde vom Perihel zum Aphelium, so nimmt die störende Kraft der Sonne ab und die Mondbahn verkleinert sich wieder. Diese Vergrösserung und Verringerung der mittleren Monddistanz durch die störende Wirkung der Sonne würde sich durch directe Messungen nur sehr schwer nachweisen lassen, aber die Aenderung der Bahndimensionen zieht gleichzeitig eine Aenderung der Umlaufszeit nach sich und diese ist es, die sich in den Beobachtungen mit Leichtigkeit zu erkennen giebt. In der That beträgt die synodische Umlaufszeit des Mondes Anfangs Januar, wenn die Erde im Perihel steht, $29^3/_4$ Tage, ein halbes Jahr später indess, wenn die Erde das Aphelium erreicht, nur $29^1/_4$ Tage. Der Mond braucht daher in der ersten Epoche mehr Zeit um einen ganzen Umlauf zu vollbringen, seine mittlere Bewegung ist also langsamer als in der zweiten Periode und man begreift, wie in Folge dessen überhaupt die Länge des Mondes in der ersten Hälfte des Jahres vermindert, in der zweiten hingegen um eben so viel vermehrt wird. Die Dauer der Periode ist ein Jahr und daher auch der Name jährliche Gleichung. Tycho Brahe war der Erste, der das Vorhandensein dieser Ungleichheit der Mondbewegung, gegen 1590, aus seinen Beobachtungen erkannte, allein erst Newton wies den physischen Grund der Erscheinung als eine nothwendige Folge der allgemeinen Anziehung nach.

Gleichung, persönliche. Durch die grossen Fortschritte der astronomischen Beobachtungskunst in der neuesten Zeit, ist man auf eine Unvollkommenheit der menschlichen Sinne aufmerksam geworden, von der man früher nichts wusste. Um dieselbe möglichst deutlich zu machen, möge ihre Erläuterung an ein bestimmtes Beispiel geknüpft werden.

Wenn ein Astronom den Ort eines Sternes am Himmelsgewölbe in Bezug auf Rectascension bestimmen will, so notirt er den Augenblick, in welchem dieser Stern hinter den Mittelfaden seines Meridianinstruments tritt. Nehmen wir an, es seien zwei Meridianinstrumente hintereinander absolut genau aufgestellt und zwei Beobachter wollten den Augenblick bestimmen, in welchem ein bestimmter Stern ihren Meridian passirt, also hinter die Mittelfäden ihrer Instrumente tritt. Wenn beide Beobachter sich einer und derselben Uhr bedienen, deren Pendelschläge sie in Gedanken voran zählen, bis der Stern den Meridian passirt, so sollte man glauben, dass in dem angeführten Falle beide

genau im nämlichen Augenblicke, bei demselben Pendelschlage, den Meridiandurchgang wahrnehmen müssten. Dies ist jedoch nicht der Fall. Vielmehr wird der eine Beobachter um einen gewissen Bruchtheil der Secunde früher den Durchgang wahrnehmen als der andere und diese Zeitdifferenz wird für beide, wenigstens eine Zeit lang ziemlich constant bleiben. Man hat gefunden, dass dieser Unterschied unter Umständen, selbst bei geübten Beobachtern, über $^1/_2$ Secunde betragen kann, während die Genauigkeit der Bestimmungen jedes Einzelnen bis auf mehr als $^1/_{10}$ Secunde steigt, also seine Beobachtungen unter einander selbst verglichen bis auf $^1/_{10}$ Secunde mit einander übereinstimmen. Jene grosse Abweichung, die sich für verschiedene Beobachter verschieden herausstellt, wird die persönliche Gleichung derselben genannt. Die Ursache derselben liegt darin, dass Gesicht und Gehör nicht absolut gleichzeitig thätig sein können und dass jeder Sinneseindruck, um zum Bewusstsein zu gelangen einer gewissen Zeit bedarf, die bei verschiedenen Personen verschieden ist. Arago hat zuerst nachgewiesen, dass der aus der persönlichen Gleichung entspringende Unterschied in den Bestimmungen zweier Beobachter verschwindet oder wenigstens sehr klein wird, wenn Beide bloss den Antritt des Sternes an den Faden wahrzunehmen, nicht aber gleichzeitig die Uhrschläge zu beachten brauchen. Man hat daher besondere Apparate construirt, bei welchen der Moment des Sterndurchganges durch den Druck des Beobachters, auf eine Klappe notirt wird. Durch diesen Druck wird nämlich ein electrischer Strom hergestellt, der mit den Schreibapparaten eines Telegraphen in solche Verbindung gesetzt ist, dass sofort auf einem durch Uhrwerk bewegten Papierstreifen (auf dem die Uhr selbst ihren Gang durch Punkte bezeichnet) ein Eindruck erzeugt wird, der mit höchster Schärfe den Moment der Beobachtung zu messen gestattet.

Indessen ist auch diese Methode nicht absolut fehlerfrei, indem immerhin eine gewisse Zeit vergeht zwischen dem Eintreten einer Erscheinung und dem unmittelbar nach ihrer Wahrnehmung mittels eines Druckes der Hand gegebenen Zeichen. Dieses Zeitintervall ist sogar ziemlich beträchtlich. Hankel fand z. B. für die Zwischenzeit, bevor er im Stande war, auf die Wahrnehmung eines Tones durch den Druck mit der Hand ein Zeichen zu geben, eine Dauer von $^{1505}/_{10000}$ oder hinreichend genau von anderthalb Zehntel Secunde. Die Abweichungen der zu verschiedenen Zeiten angestellten Beobachtungen von obigem Mittelwerthe, erreichen nicht $^1/_{100}$ Secunde. Bei den vorstehenden Untersuchungen war der erzeugte Ton kurz, scharf und ziemlich laut; verliert er diese Eigenschaften, so wurde die Zwischenzeit, in welcher die Druckbewegung mit der Hand ausgeführt wird, um $^1/_{100}$ bis $^3/_{100}$ Secunde grösser.

Um den Zeitraum zwischen dem Aufblitzen eines Lichtes und der Ausübung eines Druckes mit der Hand zu bestimmen, wurden zu verschiedenen Zeiten Beobachtungen nach zwei verschiedenen Methoden gemacht. Es ergab sich aus denselben als mittleres Zeitintervall $^{2057}/_{10000}$ oder nahe zwei Zehntel Secunde. Diese Zwischenzeit ist grösser wie die oben gefundene und gleiches ergab sich auch, als Hankel eine

andere Person zu Beobachtungen an seinem Apparate veranlasste. Im Allgemeinen dürfte also wohl die Behauptung als richtig gelten, dass der Zeitraum zwischen dem Wahrnehmen einer Erscheinung und dem Ausführen einer Druckbewegung mit der Hand kürzer ausfällt, wenn die betreffende Erscheinung mittels des Ohres, als wenn sie mittels des Auges aufgefasst wird. Hirsch in Neufchatel ist bereits früher zu einem gleichen Resultate gelangt, er fand, dass er einen plötzlichen Schall $^{149}/_{1000}$ Secunde, einen plötzlichen Funken aber ungefähr $^{1}/_{5}$ Secunde zu spät markirte. Das Zeitintervall zwischen der Wahrnehmung einer Erscheinung und der Markirung derselben nennt Hirsch sehr passend die physiologische Zeit des betreffenden Beobachters. Donders und de Jaager haben Bestimmungen dieser physiologischen Zeit für verschieden gefärbtes Licht geliefert. Aus ihren Versuchen ergibt sich, dass weisses Licht etwas früher als farbiges Licht markirt wurde und ferner, dass, wenn die Farbe des Lichtes bekannt war, die physiologische Zeit im Mittel $^{201}/_{1000}$ Secunde betrug, war jene nicht bekannt, so stieg diese auf $^{355}/_{1000}$ Secunde. Vielleicht darf der Unterschied beider von $^{154}/_{1000}$ Secunde als Zeitdauer für die Ueberlegung angesehen werden.

Hankel hat auch die Zeit bestimmt, welche verfliesst zwischen einem auf dem rechten Vorderarm ausgeübten Drucke und der nach Wahrnehmung desselben mit der Hand dieses Armes ausgeführten Druckbewegung. Es ergab sich hierfür im Mittel aus drei Versuchsreihen $^{1546}/_{10000}$ Secunde. Aehnliche Versuche hat zuerst Helmholtz angestellt, nach ihm Hirsch, Schelske und de Jaager. Diese letzteren Forscher fanden als Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Erregung in den Empfindungsnerven im Mittel 30,3 Meter in der Secunde, jedoch mit beträchtlichen Abweichungen, die vielleicht auf eine Verschiedenheit bei verschiedenen Personen hindeuten.

Die zu den obigen Untersuchungen benutzten Apparate besitzen eine solche Einrichtung, dass unter Zuhülfenahme einer nach bekannten Gesetzen vor sich gehenden Bewegung, eine Verwandlung des Zeitunterschiedes in einen Raumunterschied erfolgt. Bei dem von Hankel construirten Apparate besteht der bewegte Körper aus einem Paraffinringe, der in die kreisförmige Rinne einer 285 Millimeter im Durchmesser haltenden Messingscheibe eingegossen ist. Vor der rechten Seite des Paraffinringes befinden sich die Spitzen zweier Hebel, die durch zwei Electromagnete in Bewegung gesetzt werden können und beim Vorwärtsschlagen einen schwachen Eindruck in der Paraffinmasse erzeugen. Der messingene Rand, welcher die Paraffinscheibe umgibt, ist in ganze und halbe Grade eingetheilt und ein über dem höchsten Punkte des Randes befindlicher Nonius gestattet noch Zehntel eines halben Grades zu messen. Durch ein grosses, aus sorgfältig gearbeiteten messingenen Zahnrädern und Getrieben gebildetes Räderwerk kann die Scheibe in gleichförmige Umdrehung versetzt werden. Durch eine sehr sinnreiche Einrichtung wird die Geschwindigkeit, mit welcher die Scheibe umläuft, durch den Apparat selbst verzeichnet. Bei der Umdrehung der Scheibe wird nämlich ein Hebel gehoben, der nach genau 30 Um-

läufen des Paraffinringes wieder herabfällt. An der Spitze dieses Hebels befindet sich ein Hammer, der beim Herabfallen einen scharfen kurzen Schlag gibt. An diesem Hebel ist ferner ein durch Elfenbein isolirtes Messingstück angebracht, durch welches zwei an den unteren Enden mit Platinspitzen versehene Schrauben hindurchgehen. Diese Platinspitzen tauchen beim Herabfallen in zwei mit Quecksilber gefüllte Vertiefungen, die mit den Polen einer galvanischen Kette in Verbindung stehen. Beim Herabfallen wird also diese Kette geschlossen. Der Strom derselben geht nun durch den einen Electromagneten eines Registrirapparates und erzeugt mittels der Spitze eines durch den Electromagneten in Bewegung gesetzten Hebels, auf einem durch ein Uhrwerk vorbeigeführten Papierstreifen, einen Eindruck. Durch den zweiten, gleich neben dem ersten stehenden Electromagneten dieses Registrirapparates fliesst ein anderer Strom, der durch eine besondere Vorrichtung (einen sogenannten Krille'schen Unterbrecher), welche mit einer Secundenuhr verbunden ist, jede Secunde geschlossen und geöffnet wird. Die Spitze des zu ihm gehörigen Hebels erzeugt also auf dem zuvor erwähnten Papierstreifen jede Secunde einen Eindruck. Aus den in nebeneinander liegenden Reihen befindlichen Eindrücken lässt sich die während 30 Umläufen des Paraffinringes verflossene Zeit bis auf wenige Hundertstel einer Secunde bestimmen.

Gleichung der Zeit, Zeitgleichung, bezeichnet den Unterschied zwischen der wahren und mittleren Sonnenzeit, worüber das Nähere in dem Artikel Zeitgleichung.

Gnomon, heisst ein einfaches, gegenwärtig längst ausser Gebrauch gekommenes Instrument, um damit die Höhe der Sonne und die Zeit des Mittags zu bestimmen. In seiner einfachsten Gestalt bestand der Gnomon der Alten aus einer senkrechten Säule, die auf einer ebenen Fläche errichtet wurde. Diese Säule warf, von der Sonne beschienen, natürlich einen Schatten hinter sich und die Länge der Säule, dividirt durch die Länge des Schattens, ergibt die Tangente des Höhenwinkels der Sonne. Beobachtungen dieser Art müssen nothwendig ungenau sein, weil der Endpunkt des Schattens niemals scharf begränzt, sondern vielmehr von einem Halbschatten umgeben und verwaschen ist. Man kam daher schon früh darauf, auf der höchsten Spitze des Gnomons eine Platte mit einer kleinen Oeffnung anzubringen und die Entfernung des Bildes dieser Oeffnung, das sich im Schatten zeigte, vom Fusspunkte des Gnomons zu messen. Aber auch in diesem Falle bringt der Halbschatten eine nicht geringe Unsicherheit hervor.

Wenn die genaue Lage der Mittagslinie bekannt ist, so dient der Gnomon, wie bereits bemerkt, auch dazu, den Augenblick des wahren Mittags zu beobachten. Dieser Augenblick ist nämlich da, sobald die Spitze des Schattens, oder der Mittelpunkt des Bildes der Oeffnung an der Spitze in der Mittagslinie liegt. Aber auch diese Beobachtungen können keine grosse Genauigkeit gewähren, weil bei kleinen Gnomonen das Fortrücken des Schattens nur sehr langsam geschieht und bei grossen der Halbschatten die Gränzen undeutlich macht. Gleichwohl hat man noch lange, besonders in Italien den Gnomon zur Mit-

tagsbestimmung benutzt. So errichtete Paul Toscanelli im Jahre 1468 in der Kathedrale zu Florenz einen Gnomon, indem er in der Kuppel, 277 Fuss über dem Boden, eine passende Oeffnung anbrachte. Noch im Jahre 1768 errichteten Cesaris und Reggio im Dome zu Mailand einen Gnomon; allein weder diese noch alle andern Gnomone wurden mehr von den Astronomen benutzt, nachdem die Kunst, genaue Uhren herzustellen, sich einigermaassen vervollkommnet hatte.

Gnomonik, bezeichnet die Kunst, Sonnenuhren zu verfertigen. Dieselbe war schon dem Alterthume bekannt und wurde damals viel cultivirt. Da indess die Sonnenuhren nicht so viel zu leisten vermögen als Räderuhren, so gerieth die Gnomonik in der neuern Zeit ganz in Verfall und nur ausnahmsweise beschäftigt sich gegenwärtig noch ein Gelehrter mit Gnomonik. Doch sei hier beiläufig bemerkt, dass 1864 Sonndorfer ein reichhaltiges und gelehrtes Werk über die „Theorie und Construction der Sonnenuhren auf Ebenen, Kegel-, Cylinder- und Kugelflächen" veröffentlichte, dass allen Denjenigen empfohlen werden kann, welche sich für den Gegenstand interessiren und genügende Vorkenntnisse besitzen, um den mathematischen Entwicklungen des Verfassers folgen zu können.

Beiläufig bemerkt ward in Rom die erste Sonnenuhr im Jahre 263 v. Chr, durch Valerius Messala aufgestellt; da sie indess für die Stadt Catanea ursprünglich eingerichtet war, so entsprach sie in Rom ihrem Zwecke nicht, wurde jedoch erst viel später verbessert.

Godin, Louis, geb. am 28. Februar 1704 zu Paris, gest. am 11. September 1760 zu Cadix, nahm 1735 Theil an den grossen peruanischen Gradmessungen und kehrte erst 1751 wieder zurück, worauf er die Direction der Seecadettenschule in Cadix übernahm.

Goldene Zahl, heisst diejenige Zahl, welche angibt, das wievielste Jahr ein gegebenes Jahr im Mondcirkel ist. Näheres siehe in dem Artikel Cyklus. Weshalb diese Zahl gerade goldene Zahl genannt wurde, ist nicht mit Bestimmtheit bekannt; Lalande und Bode glaubten, weil die Zahl ehedem an öffentlichen Orten mit goldenen Buchstaben angeschrieben wurde, Ideler dagegen meint, weil sie die alten Kalenderschreiber mit goldener Dinte schrieben.

Goldschmidt, Hermann, geb. am 17. Juni 1802 zu Frankfurt a. M., gest. am 10. Septbr. 1866 zu Fontainebleau, war seines Gewerbes Maler und machte seine ersten Studien unter Schnorr und Cornelius. Im Jahr 1834 kam er nach Paris, kaufte sich ein Fernrohr und begann von seinem Speicherfenster aus den Himmel zu durchmustern. Seine Bemühungen hatten einen bis dahin unerhörten Erfolg, er entdeckte 14 Planeten, darunter zwei in einer Nacht.

Goodrike, John, Geburtsort und Zeit unbekannt, starb am 20. April 1786, fast zugleich mit seiner Erwählung zum Mitgliede der Royal Society, entdeckte die beiden veränderlichen Sterne β in der Leyer und δ im Cepheus und lieferte Beobachtungen derselben.

Goujon, Jean Jacques Emile, geb. am 31. Juli 1823 zu Paris, gest. am 28. October 1856 ebenda; seit 1841 an der Pariser Sternwarte thätig, entdeckte er dort den Kometen II. von 1849.

Grad ist die Bezeichnung einer Eintheilung, welche eine verschiedene Bedeutung hat je nach den Instrumenten, welche man dabei im Sinne hat. Man spricht von Graden des Kreises, des Thermometers, des Hygrometers u. s. w., aber die Bedeutung ist in jedem dieser Fälle eine andere.

Bei allen Winkelmaass-Werkzeugen bezeichnet der Grad den 360. Theil des Kreisumfanges. Ebenso werden alle Kreise am Himmel und auf der Erde in Grade eingetheilt, von denen jeder den 360. Theil des ganzen Kreisumfanges bezeichnet. Man theilt jeden Grad weiter in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden und unterscheidet gegenwärtig bei den Secunden nur noch Zehntel, Hundertstel u. s. w. derselben. Abgekürzt bezeichnet man den Grad durch ^{0}, die Minute durch $'$, die Secunde durch $''$, so dass also z. B. 58 Grad 17 Minuten 38 Secunden abgekürzt geschrieben wird: $58^0\ 17'\ 38''$. Man muss wohl im Auge behalten, dass der Grad mit seinen Unterabtheilungen stets ein Winkelmaass bezeichnet, nie aber ohne Weiteres eine lineare Grösse ausdrückt oder umgekehrt. Alle Gegenstände, welche wir am Himmel wahrnehmen, können direct nur durch Winkelmaass bezüglich ihrer Grösse bestimmt werden; erst wenn ihre Entfernung bekannt ist, kann dieses Winkelmaass in lineares Maass (nach Meilen u. s. w.) verwandelt werden. Der Kreisumfang umfasst: $360^0 = 21600' = 1896000''$. Die Länge des Radius eines Kreises beträgt nach Theilen des Kreisumfanges in Bogenmaass ausgedrückt: $57^0,2958$ oder $3437',75$ oder $206264''8$. Die Länge eines Grades beträgt in Theilen des Kreishalbmessers 0,0174532925. Die Eintheilung des Kreisumfangs in 360 Grade ist eine sehr alte; in der französischen Revolutionszeit versuchte man indess sie zu beseitigen und eine andere an ihre Stelle zu setzen. Demzufolge ward der Kreisumfang in 100^0, jeder Grad in $100'$, jede Minute in $100''$ eingetheilt. Es ist nicht zu leugnen, dass diese Eintheilung gewisse grosse Vorzüge vor der älteren in 360^0 besitzt, die Verwandlung der Grade in Minuten und Secunden und umgekehrt ist z. B. höchst einfach; indess hat sich diese neue Eintheilung nicht eingebürgert und gegenwärtig findet man nur noch höchst selten französische Winkelmessinstrumente, auf denen die Eintheilung des Quadranten in 100 Grade angebracht ist.

Grade der Länge, bezeichnen am Himmel den Abstand irgend eines Gestirns vom Frühlingspunkte, gemessen auf der Ekliptik (s. auch Länge der Gestirne). Auf der Erde bezeichnen die Grade der Länge den Abstand des Meridians irgend eines Ortes vom Anfangsmeridiane, gemessen auf dem Aequator (s. Länge geograph.). Auf der als ein sphäroidaler Rotationskörper gedachten Erde ist jeder Grad der Länge des Aequators oder irgend eines andern, demselben parallelen Kreises den übrigen Graden rechts und links neben sich an linearer Länge vollkommen gleich. Bei den Breitengraden (s. d.) ist dies nicht der Fall. Die Längengrade nehmen aber linear gemessen in dem Maasse ab, als man sich vom Aequator beiderseits gegen die Pole hin entfernt. Nach Bessel's Dimensionen der Erde hat man folgende

Ansdehnungen der Längengrade unter den beigesetzten geograph. Breiten in Toisen:

0° Breite	: 57108,520	Toisen		50° Breite	: 36780,448	Toisen
5 „	: 56892,646	„		55 „	: 32829,699	„
10 „	: 56246,572	„		60 „	: 28625,998	„
15 „	: 55174,930	„		65 „	: 24201,533	„
20 „	: 53685,416	„		70 „	: 19590,076	„
25 „	: 51788,774	„		75 „	: 14827,010	„
30 „	: 49498,744	„		80 „	: 9949,043	„
35 „	: 46832,001	„		85 „	: 4993,901	„
40 „	: 43808,110	„		90 „	: 0,000	„
45 „	: 40440,372	„				

Gradmessungen werden diejenigen Messungen auf der Erdoberfläche genannt, welche dazu dienen, gleichzeitig die Grösse und die Gestalt der Erde zu ermitteln. Diese Messungen führen den Namen Gradmessungen, weil es bei ihnen darauf ankommt, die Länge eines Grades oder einer gewissen Anzahl von Graden linear zu bestimmen, d. h. festzustellen wie viele Meilen, Fusse u. s. w. ein gewisser, genau bekannter Bogen auf der Erdoberfläche umfasst. Dass diese Arbeit keine leichte, sondern vielmehr eine der schwierigsten und subtilsten Operationen ist, deren sich ein praktischer Astronom nur unterziehen kann, leuchtet schon ohne Weiteres ein; es wird dies aber um so besser begreiflich, wenn im Folgenden specieller bei den einzelnen Punkten verweilt wird, deren Erfüllung den Erfolg einer Gradmessung bedingt.

Man unterscheidet zweierlei Arten von Gradmessungen, nämlich:

Längengradmessungen und Breitengradmessungen.

Bei der ersten Art von Gradmessung kommt es darauf an, den kürzesten Abstand zweier Meridiane zu ermitteln, also die Länge eines Grades des Parallels unter einer gewissen Breite festzustellen. Die Breitengradmessungen hingegen bezwecken die Ermittlung des linearen Abstandes zweier Parallel- oder Breitenkreise, gemessen auf dem Meridiane. Diese letztere Art von Messung ist die weitaus am zahlreichsten angewandte und sie ausschliesslich hat zur Bestimmung der Grösse und Gestalt unsrer Erde beigetragen. Der Grund, weshalb Längengradmessungen bisher weniger erfreuliche Resultate geliefert haben, liegt lediglich daran, dass hierbei die Ermittlung von Längenunterschieden eine Hauptrolle spielt und die Astronomen bis herab zur Gegenwart diese noch nicht mit der Zuverlässigkeit festzustellen vermochten, wie solches bei Bestimmung von Breitenunterschieden, um welche es sich hauptsächlich bei Breitengradmessungen handelt, möglich ist. Aus diesem Grunde halten wir uns auch in diesem Artikel nicht weiter bei den Längengradmessungen auf und führen nur Einiges darüber von historischem Gesichtspunkte aus, auf. Die Ersten, welche eine eigentliche Längengradmessung ausführten, waren Jacob Cassini und Maraldi. Sie maassen 1733 das Stück des Parallelkreises zwischen Brest und Strassburg und fanden dasselbe 1037 Toisen kleiner, als es bei vollkommner Kugelgestalt der Erde hätte sein müssen. Wichtiger und genauer als diese Messung, sind die Anfangs des

gegenwärtigen Jahrhunderts von französischen Officieren ausgeführten Messungen, welche sich von Bordeaux bis nach Fiume erstrecken, über einen Bogen von 15° 32′ 27″ unter der mittlern geographischen Breite von 44° 16′ 48″. Es ergab sich hierbei als Länge eines Parallelgrades unter der genannten Breite 39970 Toisen. Im Jahre 1857 fasste endlich Struve den Plan einer Längengradmessung quer durch ganz Europa vom Uralgebirge bis zur Westküste von Irland. Dieser Plan ist gegenwärtig in der Ausführung begriffen, doch dürfte bis zu seiner ganzen Vollendung noch eine sehr geraume Zeit verstreichen.

Gehen wir nunmehr zu den Breitengradmessungen und den Bestimmungen der Grösse und Gestalt der Erde aus ihnen über, so erscheint es am zweckmässigsten, diese Arbeiten in ihrer historischen Entwicklung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart herab zu verfolgen.

Die Versuche, zur Erkenntniss der Grösse und Gestalt der Erde zu gelangen, sind fast ebenso alt, als die Wissenschaft selbst. Beide Fragen nach der Grösse und nach der Gestalt der Erde, verschmolzen indessen im Alterthume in eine einzige und mussten damals zu einer einzigen werden überall da, wo die Grösse des Erdballs durch wirkliche, auf wissenschaftliche Principien gegründete Messung gefunden werden sollte. Denn diese konnte nur zu einem Resultate führen unter der Voraussetzung einer genau kugelförmigen Erde, die Hülfsmittel der Alten waren durchaus nicht dazu geeignet hier weiter zu gehen, man musste sich begnügen mit einem Resultate über die Grössenverhältnisse unserer Planeten und zufrieden sein, wenn dieses Ziel erreicht wurde. Man sieht leicht, dass hierbei eine wesentliche Beschränkung bei Lösung des in Rede stehenden Problems stattfindet und diese verschwand erst seit der Zeit, als die Gravitationslehre der ganzen Astronomie einen früher nie geahnten Aufschwung verlieh. Damals bewies Newton, dass die Erde keine Kugel, sondern ein an den beiden Polen abgeplatteter Rotationskörper, ein Sphäroid sein müsse und von dieser Zeit her datirt sich der grosse Aufschwung, welchen die Arbeiten zur Bestimmung der Grösse und Abplattung des Erdballs bis zu unsern Tagen genommen haben.

Man verschafft sich am leichtesten eine Vorstellung von der Art und Weise, wie diese Arbeiten bei dem heutigen Stande der Wissenschaft ausgeführt werden, wenn man dieselben von ihrem Ursprunge her, zu den Zeiten der alexandrinischen Astronomen, durch die Jahrhunderte hindurch, bis herab zur Gegenwart verfolgt, man wird sehen, wie von den ersten Versuchen her, bei denen im Grunde die strengere Wissenschaft nur geringe Betheiligung fand, das in Rede stehende Problem allmählich immer mehr Zweige der Mathematik und Astronomie zu seiner Lösung herbeizog und selbst mächtig auf deren Fortentwicklung und Vervollkommnung zurückwirkte.

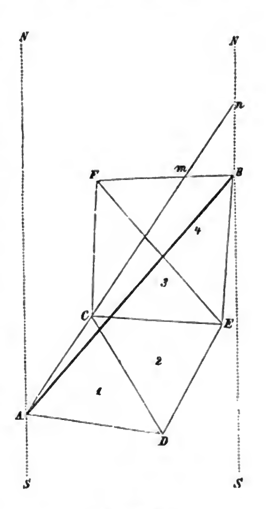
Der erste Versuch zur Messung des Erdumfangs geschah ungefähr 200 Jahre v. Chr. durch Eratosthenes. Er hatte beobachtet, dass zu Syene die Sonne am Tage des Sommersolstitium's, der Zeit, wo die Sonne den höchsten Punkt erreicht, genau im Zenith stand,

während sie zu Alexandrien um dieselbe Zeit ungefähr $7\,^1/_5$ Grad vom Scheitelpunkt entfernt blieb. Die Entfernung beider Städte nahm Eratosthenes zu 5000 Stadien an und schloss nun ganz richtig weiter, dass, wenn der Bogen zwischen beiden Städten $7\,^1/_5{}^0$ oder $^1/_{50}$ des Kreisumfanges sei, auch jene 5000 Stadien der fünfzigste Theil des Kreisumfanges der Erde sein müssten, woraus dieser = 250,000 Stadien folgte.

100 Jahre später unternahm Posidonius eine ähnliche Bestimmung; jedoch wählte er, um den Kreisbogen zwischen Rhodus und Alexandrien zu bestimmen, nicht die Sonne, sondern Fixsterne und fand auf diese Weise jenen Bogen = $^1/_{48}$ des Kreises. Die Entfernung beider Punkte von einander nahm man zu ungefähr 3800 Stadien an, woraus sich dann der ganze Erdumfang = 182400 Stadien ergab, ein Resultat, welches mit dem früheren Eratosthenes'schen verglichen, am besten die Mangelhaftigkeit der ganzen Arbeit zeigt.

Diese beiden Versuche sind Alles, was das Alterthum in dieser Beziehung geleistet. Erst im 9. Jahrhundert n. Chr. finden wir einen neuen Versuch, diesmal von den Arabern unternommen, zwischen Tadmor und Racca. Der Kalif Al Mamum liess durch Chalid ben Abdolmalik und Ali ben Isa in der Richtung von Norden nach Süden einen Bogen von 2 Graden mit Stäben messen. Man fand die Länge eines Grades = 225300 Ellen, jedoch ist dieses Resultat zu einer Vergleichung mit den jetzigen Grössenangaben der Erde nicht brauchbar, da die Länge der arabischen Elle (27 Zoll à 6 Gerstenkörner) nicht genau bekannt ist. Von jener Zeit an verfloss mehr als ein halbes Jahrtausend, ehe ein erneuerter Versuch zur Bestimmung der Erddimensionen unternommen ward. Der Franzose Fernel maass im Jahre 1525 die Länge des Bogens zwischen Paris und Amiens durch die Anzahl der Umdrehungen seiner Wagenräder. Die geringe Genauigkeit der auf diesem Wege zu erlangenden Resultate leuchtet ein; 110 Jahre später zeigte sich aber schon ein Fortschritt bei der Messung, die Norwood zwischen London und York ausführte. Dieser maass die Entfernung beider Städte mit der Messkette und bestimmte ebenso die geographischen Breiten der Endpunkte jener Linie sehr sorgfältig. Es wäre aber schwer gewesen, auf diesem Wege eine hier so wünschenswerthe grössere Genauigkeit zu erlangen, wenn nicht das ganze Princip, welches bei den bis jetzt angeführten Bestimmungen der Entfernungen angewendet worden, verlassen und ein anderes unvergleichlich genaueres an seine Stelle getreten wäre. Dies ist die Methode der Triangulation, welche zuerst der Niederländer Snellius einführte und deren grosse Vorzüge Picard durch seine 1664 zwischen Paris und Amiens ausgeführte Gradmessung auch practisch zeigte. Er fand die Länge eines Grades = 57060 Toisen, ein Resultat, welches, obgleich der Wahrheit nahe kommend, doch aber hauptsächlich dadurch, dass es den Newton'schen Arbeiten über die Gravitation als Grundlage diente, für alle kommenden Zeiten merkwürdig bleibt. Wir wollen nun das Princip dieser Messungen, die sogenannte Triangulationsmethode, etwas näher betrachten und nehmen an, es sei die gerade

Entfernung zwischen den Punkten A und B zu bestimmen. Offenbar gibt es dazu verschiedene Wege, man kann entweder durch directes Messen mit Stäben oder der Kette jenen Abstand bestimmen, wie es oben Norwood machte, oder man kann auch jene Entfernung durch Abschreiten oder Fahren messen, wie es Fernel gethan; aber man sieht auf den ersten Blick, dass diese Bestimmungen sehr wenig genau sein werden, da es einestheils nicht immer Wege gibt, die in gerader Richtung von einem zum andern Orte hinführen, zweitens aber auch diese Wege nicht immer ganz genau eben sein werden, alles Ursachen, die als ebenso viele Fehlerquellen wirken werden. Die Methode, jene Entfernung durch Triangulation zu finden, ist hiervon frei. Zu diesem Ende wählt man zwischen beiden Punkten A und B (Fig. 30) eine Anzahl anderer hervorragender Punkte CDEF und misst sehr genau die verhältnissmässig kurze Entfernung zwischen zweien dieser Punkte, die man beliebig wählen kann. Wir werden später noch sehen, auf welche Weise dies mit der höchsten Genauigkeit geschieht und wollen vorläufig annehmen, dass man auf irgend eine Weise den, im Verhältnisse zu der ganzen zu messenden Linie AB, sehr kleinen Abstand zweier beliebiger Punkte AD in irgend einer Maasseinheit ausgedrückt, kenne; ebenso wollen wir annehmen, dass man mit irgend einem Instrumente die Winkel CAD, CDA, FGE u. s. w. zwischen je dreien dieser Punkte genau messen könne; wir werden später ebenfalls sehen, auf welche Weise dies bewerkstelligt wird. Man kennt also in dem Dreiecke CAD die Länge der Seite AD und begibt sich nun zu dem Punkte A, um hier den Winkel CAD zu messen.



Figur 30.

Auf gleiche Weise misst man auch die Winkel ADC, ACD und überhaupt alle Winkel in den übrigen Dreiecken 2. 3. 4. Nun lehrt aber die Mathematik, dass die Grösse eines Dreiecks vollkommen bestimmt ist durch drei Stücke, wenn unter denselben wenigstens eine Seite ist. Alsdann kann man die übrigen drei Stücke, aus denen es besteht (Winkel und Seiten), nach bestimmten Vorschriften berechnen. Dieser Fall tritt hier ein, ja man hat noch mehr Data, als eigentlich nöthig sind. Man kennt nämlich im Dreiecke 1 die Seite AD und alle drei Winkel, hat also schon vier Bestimmungsstücke. Man hätte eigentlich nur zwei von den drei Winkeln dieses Dreiecks zu messen

brauchen, da die Geometrie bekanntlich lehrt, dass der dritte Winkel eines Dreiecks = 180° weniger der Summe der beiden übrigen Winkel ist. Aber eben aus diesem Grunde beobachtet man alle drei Winkel zusammen, um hierdurch eine Controlle über die Richtigkeit der Messungen zu besitzen; beträgt die Summe derselben nicht genau 180°, so weiss man ungefähr, wie viel Zutrauen die ganze Messung verdient und vertheilt die herauskommende Differenz auf die drei Winkel. Man kann nun, wie bereits bemerkt, auch die beiden übrigen Seiten AC und CD des Dreiecks 1 berechnen und gewinnt hierdurch, da CD auch eine der Seiten des Dreiecks 2 ist, just die zur Berechnung eben dieses Dreiecks erforderliche Seite. Auf ähnliche Weise wie im ersten Dreieck, findet man nun die beiden Seiten CE und ED und schreitet dann zum dritten Dreiecke vor u. s. w. Verlängert man nun die Seite AC bis sie den Meridian oder die von Nord nach Süd gerichtete Linie von B in einem Punkte n schneidet, so entstehen hierdurch zwei neue Dreiecke, nämlich CFm und mBn, welche auf ähnliche Weise wie die früheren berechnet, die Längen der Stücke Cm und mn der geraden Linie An ergeben. Addirt man zu Cm und mn das ebenfalls bekannte Stück Ac, so hat man sofort auch die Länge der Graden An. Um aber das Dreieck mBn zu berechnen, genügen die oben benannten Winkelmessungen nicht, sondern man muss mindestens auch noch den Winkel FBn, oder das sogenannte Azimuth von F gegen B, messen. Jetzt kennt man auch den Winkel mnB, denn er ist ja wie eben gesagt = 180° — Winkel m — Winkel B; ferner kennt man die Seiten An und nB und kann hieraus schliesslich die Seite AB oder die gerade Entfernung zwischen den Punkten A und B berechnen.

So einfach wie hier, stellt sich indess in Wirklichkeit die ganze Vermessung nicht, denn wir haben stillschweigend angenommen, dass sich alle Dreieckpunkte in einer Ebene befänden, eine Annahme, die in Wirklichkeit nie statt hat.

Es handelte sich indess hier nur darum, das Princip der Triangulation darzuthun und wir kehren zur Aufzählung der unternommenen Gradmessungen zurück, um später specieller bei den Vervollkommnungen der Theorie zu verweilen. Wir wissen, dass Newton seine Untersuchungen über die Gravitationskraft hauptsächlich auf Picard's Angabe des Erdumfangs stützte; er erkannte im Verlaufe derselben, die theoretische Nothwendigkeit einer Abplattung unseres Planeten an seinen beiden Polen. Die Gravitationslehre hatte aber in jener Zeit noch viele Gegner, so dass man der Newton'schen Behauptung eine Abplattung der Erde, sehr wenig Glauben schenkte, obgleich um dieselbe Zeit der französische Astronom Richer bei seiner Reise nach Cayenne bemerkte, dass seine Pendeluhr hier täglich ungefähr $2\frac{1}{2}$ Minuten nachging, während sie in Paris keine Verlangsamung ihres Ganges zeigte. Newton sah hierin den experimentellen Beweis der Rotation des Erdballes, so wie seiner Abplattung an den Polen; denn beide Ursachen vereinigen sich, die Wirkung der Schwerkraft in der Nähe des Aequators im Vergleich mit nördlicheren oder südlicheren Gegenden zu schwächen, was dann weiter einen langsamern Schlag

des Pendels zur Folge haben muss. Einige Jahre später, 1683, begannen durch des grossen Colbert Vermittlung Cassini und de la Hire eine neue Gradmessung, die durch verschiedene Umstände verzögert, erst im Jahre 1718 beendet wurde. Sie erstreckte sich in einer Ausdehnung von mehr als 8 Graden mitten durch Frankreich; das Resultat war: Länge eines Grades im Süden = 57097 Toisen, im nördlichen Theile = 56960 Toisen, ein Ergebniss, welches mit der Newton'schen Theorie in directem Widerspruche stand. Denn es folgte daraus, dass die Erde nach Norden zu mehr gekrümmt sei als in den Aequatorial-Gegenden, also eine eiförmige oder elliptische Gestalt besitzen müsse. Hierdurch entspann sich ein langwieriger Streit zwischen den englischen Gelehrten, die sich auf Newton's mathematische Darstellung beriefen und der Pariser Academie, welche Partei für ihren grossen Astronomen Cassini nahm. Man gelangte indess schliesslich zu der Ueberzeugung, dass Cassini's Gradmessung einen zu kleinen Theil der Erde umfasse, um in jener Frage entscheidend sein zu können und so entwarf die Pariser Academie den Plan zu einer neuen grossartigen Meridianmessung, welche gleichzeitig in Lappland und in der Nähe des Aequators ausgeführt werden sollte. Der Plan fand die Billigung Ludwigs XV. und so gingen Bouguer, La Condamine, Godin und der Spanier Ulloa 1735 nach Peru und maassen auf den Hochebenen der Cordilleren zwischen Tarqui und Cothesqui einen Bogen von 3° 7'. Camus, Clairaut, Lemonier, Maupertuis und Quthier aber gingen im folgenden Jahre nach Tornea, um dort ebenfalls einen Bogen des Meridians zu messen.

Das Resultat der Arbeiten beider Expeditionen war:

Länge eines Grades unter dem Aequator = 56753 Toisen,
" " " " " Polarkreise = 57437 "

Hieraus ergab sich, dass der Grad im Norden grösser wie am Aequator ist, dass man daselbst einen längeren Weg zurücklegen muss, um gleiche Krümmung wie am Aequator zu erhalten, dass daselbst die Erde also weniger gekrümmt, flacher, d. h. abgeplattet ist.

Durch jene beiden Expeditionen hauptsächlich angeregt, begannen von jetzt ab auch Gradmessungen in vielen anderen Staaten; durch Boscowich und Lemaire im Kirchenstaate, Beccaria in der oberen Poebene, Dixon und Mason in Pensylvanien, Burrow in Ostindien. Früher schon 1752 hatte Lacaille am Cap der guten Hoffnung einen Bogen des Meridians gemessen, jedoch erweckten seine Resultate kein sehr grosses Zutrauen, indem aus denselben eine ungleichförmige Gestalt der Erde in beiden Hemisphären folgte. Das Resultat war nach Lalande 57040 Toisen als Länge eines Grades. Die neue Messung, welche Maclear 1848 ausgeführt hat, gibt die mittlere Länge eines Grades 27 Toisen kleiner.

Dies war der Standpunkt der Kenntnisse von der Grösse und Gestalt der Erde, als die französische Revolution hereinbrach und mit ihr neue und grossartige Ideen ausgeführt wurden, die man früher wohl kaum geahnt hatte. Damals tauchte der Vorschlag auf, ein allgemeines Weltmaass einzuführen, dessen Einheit nie mehr verloren

gehen könne. Man wählte als solche den vierzigmillionensten Theil des Erdumfangs und beschloss dessen Grösse durch eine neue Gradmessung feststellen zu lassen, die an Ausdehnung und Genauigkeit alles vorher Dagewesene weit übertreffen sollte. Diese Messung sollte sich von Dünkirchen bis Barcellona erstrecken und Delambre und Mechain wurden mit Ausführung derselben beauftragt. Später aber, nach Mechain's Tode im Jahre 1805, übertrug das Längenbureau Arago und Biot die Beendigung der Arbeit, welche diese auch, nachdem sie die Triangulation bis zu der kleinen Insel Formentera fortgesetzt, glücklich vollbrachten. Inzwischen (1801) war in Schweden unter Swanberg's Leitung eine neue Gradmessung zu Stande gekommen, welche die alte Maupertuis'sche, dem jetzigen Zustande der Wissenschaft nicht mehr genügende Arbeit, erneuerte. Ebenso führte im folgenden Jahre Lambton in Ostindien eine Gradmessung aus, die sich über $1\frac{1}{2}^{0}$ ausdehnte, 1805 aber begann er schon eine zweite, die sich diesmal über fast 16 Grade erstreckte. Die Betheiligung Englands an den Gradmessungen datirt vom Jahre 1783 her, wo General Roy die erste Triangulation begann; ihm folgte Mudge, der dieselbe in einer Ausdehnung von $2^{0}\,50'$ von der Insel Wight bis Clifton beendete. Später dehnten Colby und Airy die englische Gradmessung noch bedeutend aus, so dass dieselbe fast 11^{0} umfasst und durch den Anschluss an die französische hier ein Bogen von 22 Breitengraden bestimmt ist.

Bis jetzt hatte sich Deutschland, einige misslungene Anfänge abgerechnet, mit Gradmessungen natürlich nicht befasst, als jedoch später Gauss und Bessel die ersten deutschen Gradmessungen und selbst zum grössten Theile mit in Deutschland angefertigten Instrumenten ausführten, da stand Deutschland auf diesem Gebiete in Bezug auf Theorie und Praxis dem Auslande plötzlich mindestens ebenbürtig an der Seite. Bessel, der feinste Beobachter, vervollkommnete gleichzeitig die Theorie durch scharfsinnige Untersuchungen über das Messen auf dem Sphäroid; Gauss, nach Laplace's Ausdruck der grösste Mathematiker Europa's, vervollkommnete auch die Praxis durch Erfindung des Heliotropen, wodurch die Einstellungen auf die Signale unvergleichlich an Sicherheit gewannen. Auch Russland trat jetzt in die Reihe der Staaten, welche Operationen zur Bestimmung der Erddimensionen unternahmen. Tenner und W. Struve haben sich um diesen Theil der Wissenschaft unvergängliche Verdienste erworben. Fast vom Schwarzen bis zum Eismeere erstreckt sich die russische Triangulation, die grösste, welche bis jetzt unternommen worden. Im Jahre 1852 war, mit Einschluss der schwedischen Arbeiten, das grosse Werk vollendet, nachdem es 35 Jahre in Anspruch genommen. Mehr als zwei und ein halb Hundert grosse Dreiecke waren bestimmt, die Positionen von 13 Punkten der Triangulation astronomisch festgestellt und zehn verschiedene Grundlinien gemessen worden. Ausserdem hatte der unermüdliche Tenner die russischen Dreiecke noch durch neue Operationen mit den österreichischen und preussischen in Verbindung gebracht, so dass nunmehr dieser ganze Theil Europa's netzartig von Dreiecken überzogen ist. Doch nicht allein die grösste Breitengrad-

messung ist von Russland ausgegangen, sondern auch eine ausgedehnte Längengradmessung hat W. Struve im Auftrage der russischen Regierung angeregt. Sie umfasst 69 Längengrade, durchschneidet Europa von Osten nach Westen und ist um so wichtiger, als die wenigen früheren Arbeiten dieser Art aus verschiedenen Gründen den Anforderungen der Wissenschaft nicht genügen können. —

Wenn man die Resultate der verschiedenen Gradmessungen betrachtet, so ergibt sich, dass selbst die neueren Arbeiten dieser Art in Bezug auf Grösse der Abplattung keine ganz übereinstimmenden Resultate liefern. Dieser Mangel an Uebereinstimmung ist aber zum grössten Theile nicht in den unvermeidlichen, wenn auch geringen Unvollkommenheiten der Arbeit selbst zu suchen, sondern liegt höchst wahrscheinlich darin, dass die Erde kein ganz regelmässig geformtes Rotationssphäroid ist, sondern mehr oder minder bedeutende locale Abweichungen von dieser idealen Gestalt besitzt.

Die genauesten Untersuchungen über die wahrscheinlichsten Werthe der Abplattung und Grösse der Erde verdanken wir Bessel (1842). Er benutzte dabei 10 Gradmessungen, die zusammen einen Bogen von $50^0\,34'$ umfassen; das Resultat war:

Radius des Aequators . = 3272077,1399
„ „ Poles . . . = 3261139,3284
Länge des Erdquadranten = 5131179,81
Abplattung . . . . . . $= \frac{1}{299,152818}$

Als Einheit gilt die Toise du Perou bei 13^0 R., also diejenige Maasseinheit, welche bei der Peruanischen Gradmessung als Einheit diente. Seit dem Jahre 1842 sind indess noch verschiedene Messungen zu den von Bessel benutzten hinzugekommen, so dass die Summe aller gemessenen Bogen nunmehr $83^0\,19'$ beträgt. Eine neue Arbeit von H. James, bei welcher die Summe der angewandten Bogen $78^0\,36'$ war, ergibt als Elemente der Erdellipse:

Radius des Aequators = 3272531,6 Toisen
„ „ Poles . = 3261410,2 „
Abplattung . . . . $= \frac{1}{294,36}$

Was nun speciell die Ausführung von Gradmessungen anbelangt, so ist schon oben gesagt worden, dass für die Bestimmung der Entfernungen hierbei das System der Triangulation angewandt wird. Um alsdann die Länge eines Grades kennen zu lernen, d. h. die kürzeste Entfernung zweier Punkte der Erdoberfläche, welche im Erdmittelpunkte einen Winkel von 1^0 miteinander bilden, bestimmt man ferner den Bogen am Himmel, um welchen die Endpunkte der gemessenen Linie von einander stehen. Gesetzt, dieser Bogen betrüge genau 3 Grad; die Entfernung beider Endpunkte 172200 Toisen, so würde eine einfache Division für den einzelnen Grad eine Länge von 57400 Toisen ergeben. Allein so einfach wie dies hier gezeigt, stellt sich diese Arbeit in Wirklichkeit nicht dar. Zuerst ist zu bemerken,

dass alle Messungen nicht in einer Ebene, auch nicht einmal auf einer Kugel, sondern auf der Oberfläche eines sphäroidalen Erdkörpers geschehen. Die Berechnung der kürzesten Linie zwischen zwei Punkten dieser Oberfläche z. B. ist daher sehr verwickelt. In der Ebene würde sie eine gerade Linie, auf der Kugel ein Theil eines grössten Kreises sein, auf dem Sphäroid aber ist sie eine Curve doppelter Krümmung, die „geodätische Linie“ und windet sich in ihrem Verlaufe durchgehends spiralförmig um die Erde, d. h. wenn man dieselbe rund um die Erde bis zur Polhöhe ihres Ausgangspunktes verlängert denkt, so trifft sie im Allgemeinen den Anfangspunkt nicht auf's neue, sondern schneidet dessen Parallelkreis unter einer andern Länge.

Ehe zu den oben als nöthig gezeigten Winkelmessungen geschritten werden kann, wird nun zuerst die Länge einer Standlinie oder Basis gemessen. Da aus der Grösse dieser Basis später die Grösse des Erdumfangs berechnet wird, so ist es klar, dass der kleinste Fehler in ihrer Grössenbestimmung, auf das Endresultat sehr bedeutend einwirken würde. Die Messung einer geeigneten Basis ist daher das schwierigste Geschäft der ganzen Gradmessung. Um aber in dieser Beziehung die höchstmögliche Sicherheit zu erlangen, begnügt man sich nicht mit Messung einer Grundlinie, sondern misst deren wenigstens noch eine zweite und verbindet ihre Endpunkte mit den übrigen Punkten der Gradmessung. Alsdann lässt sich die Grösse dieser zweiten Basis aus der ersten berechnen und diese Rechnung mit der wirklichen Messung verglichen, gibt eine Controlle über das Zutrauen, welches beide Messungen verdienen.

Die Basis wird auf möglichst ebenem Boden bestimmt; die Länge, welche man ihr am vortheilhaftesten zu geben hat, nimmt man verschiedene an. Schwerd war der Erste, der dieselbe sehr kurz nahm; ebenso hat Bessel seine Grundlinie nur auf 935 Toisen ausgedehnt, während man früher, wie z. B. bei der grossen französischen Gradmessung eine fast 7 Mal grössere Basis annahm. Die Messung selbst geschieht mit Stangen (bei Bessel bestanden dieselben aus Eisen und Zink), deren Endpunkte verschieden geformt sind, meist jedoch nach Reichenbach's Angaben hier vertical, dort horizontal zulaufen. Ein Hauptaugenmerk wird bei Messungen mit diesen Stangen auf die Temperatur genommen, da bekanntlich alle Metalle eine nach der Temperatur verschiedene Ausdehnung annehmen. Als Maasseinheit gilt bei Untersuchungen über die Grösse der Erde allgemein die Toise, derjenige Maassstab, der bei den französischen Messungen zum Grunde gelegt worden. Es ist indess nicht möglich, hier eine detailirtere Beschreibung der Vorrichtungen zu geben, welche angewandt werden, um die Copien der Maasseinheit mit höchster Genauigkeit mit dem Originale zu vergleichen. Bessel liess eine solche Copie verfertigen, die nur $^{8}/_{10000}$ Linie zu kurz ist, die Dorpater Sternwarte besitzt ebenfalls eine Copie, die nach Arago's Messungen gänzlich dem Pariser Originale gleich ist und nach welcher W. Struve die Länge der bei den russischen Messungen zu Grunde gelegten Etalons bestimmte.

Nachdem nun die Basis gemessen und ihre Endpunkte mit grösst-

möglicher Sorgfalt für die Dauer fixirt sind, wird zur Messung der Winkel zwischen den verschiedenen Dreieckpunkten geschritten. Diese Winkel werden mit der grössten Sorgfalt bestimmt, da es neben der Genauigkeit der Basismessung hauptsächlich auf ihre möglichst scharfe Bestimmung ankommt.

Ist das Dreiecknetz nun durch Winkelmessungen bestimmt, so kann, wie bereits oben bemerkt wurde, die Distanz seiner äussersten Endpunkte durch Rechnung gefunden werden. Soll aber hieraus weiter der Umfang der Erde abgeleitet werden, so muss auch noch der Bogen am Himmel zwischen den Zenithalpunkten dieser beiden äussersten Stationen bestimmt werden, denn höchstens nur dann reichen diese Data im Verein mit den Azimuthen der Endpunkte zur Berechnung der Dimensionen des Erdsphäroids aus. Aus diesem Grunde richtet man die Triangulationen so ein, dass die Endpunkte wo möglich auf irgend eine Sternwarte treffen, da deren geographische Position durchgängig mit aller erwünschten Genauigkeit bekannt ist. Fallen, wie dies z. B. bei der grossen französischen Gradmessung der Fall ist, die Endpunkte der Vermessung nicht mit Sternwarten zusammen, so müssen die geographischen Breiten oder Polhöhen dieser Punkte mit der grössten Sorgfalt bestimmt werden. Man bedient sich zu diesen Bestimmungen meist entweder des gewöhnlichen Meridiankreises, oder nach Bessel's Vorgange des Passagen-Instruments im ersten Vertikal oder auch zur Bestimmung der Differenzen der Polhöhen zweier Punkte, des Zenithsectors.

Die eigentlichen Beobachtungen sind mit den im Vorhergehenden betrachteten Arbeiten in der Hauptsache beendet und alles Uebrige ist Sache der Rechnung und kann hier nicht weiter erläutert werden. Die mathematischen Relationen, die hier in Anwendung kommen, sind von den grössten Mathematikern der Neuzeit, einem Clairaut, d'Alembert, Laplace, Delambre, Ivory, Dalby, Jacobi und vor Allen von Gauss und Bessel untersucht und festgestellt worden und ist die Theorie der Praxis weit vorausgeeilt. Um einen klaren Begriff von diesem Verhältniss der Schärfe der Theorie zu der Genauigkeit der Praxis zu erhalten, ist es nöthig zu erwägen, dass die theoretischen Resultate und Formeln fast immer nur unter gewissen einschränkenden Bedingungen zu erhalten sind, die Genauigkeit einer solchen Formel demnach ihre gewissen Grenzen hat und es ist nun Bedingung, dass diese Grenzen so weit erweitert werden, dass ein hieraus entspringender Fehler kleiner bleibt, als die wahrscheinlichen Fehler, mit welchen die einzelnen, nur durch Beobachtungen und Messungen zu erhaltenden Daten trotz aller Sorgfalt doch immer behaftet sein werden. Ein Beispiel wird dies unmittelbar klar machen. Nehmen wir an, es handelte sich darum, die in irgend einer Maasseinheit auszudrückenden kürzesten Distanzen zweier bestimmten Parallelkreise auf der Erdoberfläche zu ermitteln, so ist dies sehr leicht, wenn die Erde als vollkommene Kugel betrachtet wird. Diese Annahme wird auch so lange genügen, als die Messungen der Linie, welche irgend zwei auf jenen Parallelkreisen liegende Punkte verbindet, selbst nur annähernd genau

sind. Stellen sich diese directen Messungen indess genauer, so muss auch an die Theorie eine höhere Anforderung gestellt werden; die Erde darf nicht mehr als Kugel gelten, sie muss als Sphäroid betrachtet werden. Unter diesen Umständen wird die Lösung der vorgelegten Aufgabe schwieriger. Bezeichnet E die kürzeste Entfernung der Parallelen oder der Breitenkreise auf der mathematischen Erdoberfläche, so erhält man zur Berechnung von E, eine Formel von nachstehender Form:

$$E = \frac{en}{m} \left(1 + \frac{a^2 b}{12m^2} + \frac{a^4 be}{240m^2} + \ldots\right)$$

wo a, b, c, n und m trigonometrische Functionen, Constanten sind. Der in der Parenthese eingeschlossene Theil bildet eine sogenannte unendliche Reihe, d. h. er ist gar nicht bis zum Schlusse hinzuschreiben, er schreitet immer weiter fort und wollte man sich hinsetzen und alle Glieder desselben addiren, so käme man daher mit dieser Arbeit nie zu Ende. Trotzdem wächst aber die Summe aller einzelnen Glieder nicht über eine bestimmte Gränze an, und weil man diese Gränze nie erreichen kann, eben weil die Reihe unendlich ist, so benutzt der Berechner nur so viele Glieder derselben, als ihm zur Genauigkeit hinreichend dünken. Er stellt daher als zweite Forderung an den Mathematiker die Anforderung, seine Reihe so einzurichten, dass er nur wenige Glieder zu berechnen hat, um gleich eine bedeutende Schärfe zu erhalten, was in der Sprache der Mathematik ausgedrückt heisst, die Reihe muss gut convergiren, wenn sie zur practischen Anwendung brauchbar sein soll. Denn es besteht eben ein grosser Unterschied zwischen theoretischer Lösung einer mathematischen Aufgabe und der practischen Ausführung derselben. Um z. B. das Verhältniss des Kreisdurchmessers zu seiner Peripherie zu berechnen, gibt die Mathematik Vorschriften, von denen zwei sehr klar den Unterschied zwischen theoretischer und practischer Lösung dieser Frage veranschaulichen. Die eine, zuerst von Leibnitz aufgefundene, ist folgende:

Verhältniss des Kreisumfangs zum Durchmesser

$$= 4 \times (1 - 1/_3 + 1/_5 - 1/_7 + 1/_9 - 1/_{11} + 1/_{13} - 1/_{15} + 1/_{17} - 1/_{19} + 1/_{21} - \text{in inf.})$$

Die andere von Machin angegebene ist folgende:

Verhältniss des Kreisumfangs zum Durchmesser

$$16 \times \left(1/_5 - \frac{1}{3 \times 5 \times 5 \times 5} + \frac{1}{5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5 \times 5} \ldots\right) - 4 \times \left(1/_{239} - \frac{1}{3 \times 239 \times 239 \times 239} + \ldots\right)$$

Beide Lösungen sind theoretisch gleich richtig und keine hat in dieser Hinsicht einen Vorzug vor der andern. Dahingegen wird es Niemandem einfallen, practisch das wirkliche Verhältniss nach der ersten Formel berechnen zu wollen; er müsste hunderttausende von Gliedern addiren, um jenes Verhältniss nur so genau zu erhalten, wie er es mit 20 Gliedern der zweiten Reihe erhält. Schärfe und bequeme Anwendung der Formeln sind bei so ausgedehnten Rechnungen, wie sie Gradmessungen erfordern, unumgänglich nothwendig und in dieser Hinsicht

ist die Theorie in unseren Tagen zu einem sehr hohen Grade der Vollkommenheit gelangt. — Ich will zum Schlusse noch die Resultate der in neuerer Zeit ausgeführten Breitengradmessungen, welche zur Bestimmung der Grösse und Gestalt der Erde benutzt werden, hier beifügen.

1) Die peruanische Gradmessung,

ausgeführt von Bouguer, La Condamine, Godin und Ulloa, zwischen 0° 2′ 31″ nördl. und 3° 4′ 32″ südl. Breite. Die mittlere Länge eines Meridiangrades ergibt sich aus dieser Messung nach den neuesten Berechnungen zu 56728,5 Toisen.

2) Die Messung am Cap der guten Hoffnung,

ausgeführt von Maclear, zwischen 34° 21′ 6″ südl. Breite und 29° 44′ 18″ südl. Br. Mittlere Länge eines Grades = 56891,2 Toisen.

3) Die grosse ostindische Messung,

ausgeführt von Lambton und Everest, zwischen 8° 9′ 31″ und 29° 30′ 48″ nördl. Breite. Sie ergab als mittlere Länge eines Meridiangrades 56795,9 Toisen.

4) Die grosse französische Messung,

ausgeführt von Mechain, Delambre, Biot und Arago, zwischen 51° 2′ 9″ und 38° 39′ 56″ nördl. Breite, ergab als mittlere Länge eines Grades des Meridians (fast genau unter 45° n. Br.) die Grösse von 57012,7 Toisen.

5) Die englisch-schottische Messung,

ausgeführt von Mudge, Kater und James, zwischen 49° 53′ 34″ und 60° 49′ 39″ nördl. Breite. Sie lieferte als mittleren Werth eines Grades des Meridians 57123,3 Toisen.

6) Die grosse russische Messung,

ausgeführt hauptsächlich von Struve und Tenner, die grösste unter allen bisherigen Breitengradmessungen. Sie erstreckt sich von 70° 40′ 11″ bis zu 45° 20′ 3″ nördl. Breite. Als mittlerer Werth für die Länge eines Grades des Meridians ergab diese Messung 57144,2 Toisen.

Die bis jetzt genannten Messungen sind die eigentlichen Stützen, auf welche unsere Kenntnisse der Grösse und Gestalt der Erde basiren. Eine neue Berechnung derselben hat 1868 Clarke gegeben. Er nimmt hierbei die Erde nicht als ein Sphäroid, sondern als ein dreiaxiges Ellipsoid an, bei dem also auch die Parallelen und mit ihnen der Aequator Ellipsen sind. Es fand sich auf diese Weise:

grosse Halbaxe a des Aequators (15° 34′ ö. L. v. Greenw.): 3272537,3 Tois. = 6378294,0 Meter = 20926350 Fuss,

kleine Halbaxe b des Aequators (105° 34′ ö. L. v. Greenw.): 3271540,1 Tois. = 6376350,4 Meter = 20919972 Fuss,

polare Halbaxe der Erde = 3261133,8 Toisen = 6356068,1 Meter = 20853429 Fuss. Abplattung $\frac{a-c}{c} = \frac{1}{285,97}$

Länge des durch Paris gehenden Meridian-Quadranten: 10001472,5 Meter.
Länge des Minimum-Quadranten in 105° 34′ Länge: 10000024,5 Meter.

Ausser den oben genannten Messungen, müssen noch folgende

ebenfalls höchst genau ausgeführte, aber, weil einen zu kleinen Bogen umfassende, für die Bestimmung der Erddimensionen nur von zweifelhaftem Werthe bleibenden Gradmessungen aufgeführt werden:

7) Die Hannover'sche Messung,

ausgeführt von Gauss, zwischen 51° 31′ 48″ und 53° 32′ 45″ n. Br., welche als mittlere Länge eines Grades des Meridians zwischen diesen Breiten den Werth von 57126,4 Toisen liefert.

8) Die Holstein'sche Messung,

ausgeführt von Schumacher, zwischen 53° 22′ 17″ und 54° 54′ 10″, liefert als Länge des mittlern Meridiangrades zwischen diesen Breiten den Werth von 57093,1 Toisen.

9) Die preussische Messung,

von Bessel ausgeführt. Sie ergab als mittlere Länge eines Meridiangrades zwischen 54° 13′ 11″ n. B. und 55° 43′ 40″ n. B. einen Werth von 57144,3 Toisen.

10) Die neue schwedische Messung,

ausgeführt von Swanberg und Ovferboom, zwischen 65° 31′ 30″ und 67° 8′ 50″ n. Br. Sie lieferte als mittlere Länge eines Grades des Meridians den Werth von 57195,9 Toisen.

In dem Maasse, als die Gradmessungen ausgedehnter werden, nähern sich die aus ihnen bezüglich der Grösse der Erdabplattung erhaltenen Resultate immermehr einem Werthe, den man auch theoretisch als den der Wahrheit am nächsten kommenden betrachten muss, nämlich dem Werth der Abplattung von $^1/_{289}$. Zur Zeit der grossen französischen Gradmessung nahm man als Abplattung $^1/_{306}$ an, später $^1/_{300}$, hierauf $^1/_{299}$, James fand $^1/_{294}$, Clarke $^1/_{286}$.

Unter der Annahme von $^1/_{289}$ als wahrer Abplattung, habe ich aus sämmtlichen eben mitgetheilten Gradmessungen die Grösse des Aequatorial-Radius der Erde berechnet und dieselbe zu 3272766,1 Toisen gefunden. Hiermit sind die Daten zu einer neuen Berechnung der die Erde betreffenden Dimensionsverhältnisse gegeben, deren Resultate in dem Artikel Erde mitgetheilt wurden.

Graham, George, geb. 1675 zu Horsgills in Cumberland, gest. am 20. Novbr. 1751 zu London, berühmter Chronometer-Verfertiger, lieferte astronomische Uhren von einer bis dahin nie gesehenen Vollendung; erfand die nach ihm benannte Hemmung, so wie die Rost- und Quecksilbercompensation und baute ausgezeichnete Winkelmessinstrumente für englische Observatorien.

Graham, Andrew, geb. 8. April 1815 zu County Fermanagh in Irland, ward 1842 Observator an Edward Cooper's Sternwarte zu Markree Castle und entdeckte hier am 26. April 1848 den Planeten Metis, so wie den Kometen III. von 1849.

Gravitation, Schwerkraft, allgemeine Schwere, bezeichnet diejenige Erscheinung im Universum, in Folge deren entfernte Körper sich einander anziehen und zu nähern streben. Diese Erscheinung tritt ohne Ausnahme im ganzen Weltall auf, so dass also die Schwere eine Grundeigenschaft der Materie ist und die Gesetze, nach welchen die

Gravitation wirkt, wahre Weltgesetze sind. Gleichwohl wissen wir über die nähere oder äussere Art und Weise, wodurch der Effect der gegenseitigen Anziehung zu Stande kommt, ganz und gar Nichts. Vergl. den Art. Anziehung.

Newton war der Erste, welcher die Gesetze der Gravitation erkannte und ihr Walten in der planetarischen Welt wie auf unserm Erdballe nachwies. Nach Pemberton soll Newton zuerst im Jahre 1666 sich mit der Schwere beschäftigt haben, nachdem er, durch die Pest gezwungen, Cambridge verlassen und sich nach seinem Landsitze Woolsthorpe zurückgezogen hatte. Da die Schwere sich in jeder der nähern Untersuchung erreichbaren Entfernung von der Erde wirksam zeigte, so legte sich Newton die Frage vor, ob sie sich wohl auch bis zum Monde erstrecke und welche Wirkung sie dort auf die Bewegung des Mondes ausüben möchte. Newton sah sofort ein, dass die Schwere, analog wie das Licht, mit dem Quadrate der Distanz abnehmen müsse; allein er blieb nicht bei diesem blos auf Analogie gegründeten Schlusse stehen, sondern suchte ihn vielmehr mathematisch zu beweisen. Er benutzte hierbei das von Kepler aufgefundene Gesetz, dass die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten sich verhalten wie die Kuben ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne; ferner zog er den von Huygens bewiesenen Satz hinzu, dass bei den in Kreisen umlaufenden Körpern die Quadrate der Umlaufszeiten sich verhalten wie die Halbmesser dieser Kreise, dividirt durch den Druck, welchen jene Körper senkrecht auf die Peripherie ihrer Bahn ausüben. Hieraus folgt unmittelbar, dass die Anziehung abnimmt wie das Quadrat der Entfernung wächst. Denn es seien $t t'$ die Umlaufszeiten, $r r'$ die mittleren Entfernungen, $p p'$ die Druckwirkungen zweier Körper, so hat man nach den beiden genannten Gesetzen:

$$t^2 : t'^2 = r^3 : r'^3$$

und

$$t^2 : t'^2 = \frac{r}{p} : \frac{r'}{p'}$$

also auch

$$\frac{r}{p} : \frac{r'}{p'} = r^3 : r'^3$$

und hieraus

$$\frac{r \cdot r'^3}{p} = \frac{r' \cdot r^3}{p'} = \frac{r'^2}{p} = \frac{r^2}{p'}$$

woraus endlich

$$p : p' = r^2 : r'^2$$

d. h., die Grösse des Druckes verhält sich umgekehrt wie das Quadrat des Halbmessers der Bahn. Dieser Druck ist aber bei den Planeten eben nichts Anderes als die gegen den Mittelpunkt ihrer Bahn gerichtete Kraft, als die Anziehungskraft der Sonne. Daher denn auch bewiesen ist, dass diese Kraft sich in dem Verhältnisse vermindert, als das Quadrat der Entfernung wächst. Newton untersuchte nun weiter die Wirkung der Erde auf die Mondbewegung. Da der Mond

60 Erdhalbmesser vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, so ist dort die Anziehung der Erde $\frac{1}{60 \times 60} = \frac{1}{3600}$ von der Anziehung an der Erdoberfläche. Da ferner die Fallräume sich wie die Quadrate der Fallzeiten verhalten (s. Fall d. Körper), so muss der Mond denselben Raum in einer Minute fallend durchlaufen, welchen ein Körper an der Erdoberfläche in einer Secunde durchfällt — falls überhaupt die Anziehung der Erde es ist, welche den Mond in seiner Bahn erhält.

Der Mond durchläuft in jeder Minute am Himmel einen Winkel von 32,874" und dieser Winkel umfasst linear gemessen 0,000159378 des Halbmessers der Mondbahn, oder da dieser etwas über 60 Erdhalbmesser beträgt, 0,009588 des Erdradius. Nimmt man den mittleren Erdradius zu 19,610,000 Pariser Fuss an, so ergiebt sich endlich die lineare Länge des von dem Monde in einer Minute durchlaufenen Weges zu 188,021 Pariser Fuss. Um hieraus die Grösse des senkrechten Falles des Mondes gegen die Erde abzuleiten, hat man nur die lineare Länge des durchlaufenen Bogens mit sich selbst zu multipliciren und das Product durch den Durchmesser der Mondbahn zu dividiren. Führt man diese kleine Rechnung aus, so ergiebt sich für die Grösse des Falles des Mondes gegen die Erde in einer Minute der Werth von 14' 10'' 10'''. Diese Grösse muss nach dem Eingangs Gesagten, dem Fallraum der Körper in der ersten Secunde an der Erdoberfläche gleich sein, wenn die Anziehung der Erde den Mond in seiner Bahn erhält. In der That ergiebt sich der Fallraum der Körper in der ersten Secunde an der Erdoberfläche im Mittel zu etwa 15 Pariser Fuss und die Uebereinstimmung ist daher eine solche, wie man sie nur immer wünschen kann. Newton war Anfangs übrigens nicht in der Lage, seine Rechnung mit der Wirklichkeit in Uebereinstimmung zu sehen. Er kannte Anfangs den richtigen Werth für die Grösse des Erdhalbmessers nicht, nahm diesen zu klein an und erhielt als Fallraum des Mondes in der Minute gegen die Erde etwa 13⅓ Fuss, so dass er zu dem Schlusse gelangte, die Anziehung der Erde sei nicht im Stande den Mond in seiner Bahn zu halten. Erst im Jahre 1682 erhielt Newton durch Picard's Gradmessung genauere Werthe für die Grösse des Erdhalbmessers, und fand seine früheren Vermuthungen glänzend bestätigt — die grosse Entdeckung der allgemeinen Schwere war gemacht.

Newton blieb übrigens nicht bei dem bis jetzt Erlangten stehen; im Besitze ausgedehnter mathematischer Kenntnisse und einer ganz neuen mathematischen Untersuchungsmethode (der höheren Analysis) ging er auf dem betretenen Wege weiter, zeigte, dass die Grösse der Anziehung zwar dem Quadrate der Entfernung, gleichzeitig aber auch der Masse des anziehenden Körpers proportional sei, zeigte, dass die Anziehung einer homogenen Kugel auf einen Punkt ausserhalb derselben so wirkt, wie wenn ihre gesammte Masse im Mittelpunkte vereinigt sei, leitete als nothwendige Folgen seines Gravitationsgesetzes

die drei Kepler'schen Gesetze ab, zeigte die Ursache der hauptsächlichsten Ungleichheiten der Mondbewegung, sowie der Erscheinungen der Ebbe und Fluth etc.

Das Gesetz der Attraction lautet in vollständigem Ausdruck nach dem Vorhergehenden also: „Die Attraction g eines Körpers auf einen ausserhalb desselben gelegenen Punkt ist gleich der Masse m dieses Körpers dividirt durch das Quadrat der Entfernung r von dem angezogenen Punkte", in mathematischen Zeichen ausgedrückt:

$$g = \frac{m}{r^2}$$

Wir wollen nun mittels dieses Gesetzes einige Folgerungen ziehen, die auf den ersten Anblick überraschend erscheinen, die aber nichts destoweniger sehr einfach und naheliegend sind. Zuerst wollen wir sehen, auf welche Weise man die Masse der Sonne und jedes Planeten, der von einem Monde umkreist wird, finden kann. Bereits oben haben wir gesehen, wie sich die Grösse der Attraction die ein Planet auf einen ihn umkreisenden Mond ausübt, durch den Raum bestimmt, den er in der Secunde gegen den Centralkörper fallend durchläuft. Ist r die Entfernung eines Mondes von seinem Planeten, t seine Umlaufszahl, m die Masse der Planeten und π das Verhältniss des Kreisumfangs zum Durchmesser, so ist die beschleunigende Kraft g, welche den Mond gegen den Planeten zieht

$$g = \frac{4\pi^2 r}{t^2}$$

nun ist aber auch $g = \frac{m}{r^2}$, daher $\frac{m}{r^2} = \frac{4\pi^2 r}{t^2}$ . . . . a)

Nennt man jetzt den Abstand des Planeten von der Sonne R, seine Umlaufszeit um die Sonne T und die Masse der Sonne M, so hat man in gleicher Weise für die Attraction der Sonne auf den Planeten, den Ausdruck

$$g' = \frac{4\pi^2 R}{T^2} \text{ und } g' = \frac{M}{R^2}$$

also auch $\frac{M}{R^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ . . . . b)

Die Gleichungen b) und a) ergeben aber folgende Proportion:

$$\frac{M}{R^2} : \frac{m}{r^2} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} : \frac{4\pi^2 r}{t^2}$$

d. h., wenn man in den beiden Gliedern rechts beiderseits $4\pi^2$ wegstreicht und R^2 und r^2 auf diese Seite bringt:

$$M : m = R^3 t^2 : r^3 T^2.$$

Nimmt man die Masse m des Planeten zur Einheit, so findet sich also die Masse der Sonne

$$M = \frac{R^3 t^2}{r^3 T^2}$$

Wenden wir dies Ergebniss auf ein Beispiel an. Nimmt man die Entfernung des Mondes von der Erde zur Einheit, also $r = 1$, so ist die Entfernung der Erde von der Sonne fast genau $= 400$, also $R = 400$, nimmt man ferner die Umlaufszeit des Mondes um die Erde ebenfalls zur Einheit, also $t = 1$, so ergiebt sich die Umlaufszeit der Erde um die Sonne, also $T = 13{,}4$; man erhält daher:

$$M = \frac{400^3}{13{,}4^2} = 356000.$$

Die Masse der Sonne ergiebt sich also 356000 mal grösser als die Masse der Erde. Natürlich ist diese Bestimmung nur eine beiläufige, um den Weg zu erläutern, den die Astronomen einschlagen. Die genaue Rechnung ergiebt nach Hansen für die Masse 320000 Erdmassen.

Ist die Masse eines Planeten und seine Grösse bekannt, so genügen diese Daten, um sehr einfach die Intensität der Schwerkraft an seiner Oberfläche, die Grösse des Fallraums in der ersten Secunde zu berechnen.

In der That hängt die Intensität der Schwerkraft an der Oberfläche der Planeten, gleichzeitig direct von ihren Masse und umgekehrt von dem Quadrate des Halbmessers ab. Setzt man daher die Intensität der Schwerkraft an der Erdoberfläche $= 1$, nimmt man ferner die Masse der Erde zur Masseneinheit und ihrer Halbmesser zur Längeneinheit, so findet man als Intensität τ der Schwerkraft an der Oberfläche eines beliebigen andern Weltkörpers:

$$\tau = \frac{m}{r^2}$$

wo m die Masse und r den Radius dieses Weltkörpers bezeichnet. Die Masse der Sonne ist wie oben angegeben $= 320000$ Erdmassen, ihr Halbmesser $= 108$ Erdhalbmesser, daher

$$\tau = \frac{320000}{108^2} = 27{,}4.$$

Auf der Erdoberfläche fällt ein Körper in der ersten Secunde durch 15 Pariser Fuss, auf der Sonnenoberfläche also durch $27{,}4 \times 15'$ $= 411'$. Der Fall der Körper dort ist also schon mehr der Geschwindigkeit einer abgeschossenen Kugel vergleichbar.

Gregory, James, geb. im November 1638 zu Aberdeen, gest. im October 1775 zu Edinburgh, nachdem er kurz vorher beim Beobachten der Jupitersmonde plötzlich erblindet war, hielt sich einige Jahre in Italien auf und ward darauf (1669) Professor der Mathematik zu St. Andrews in Schottland, endlich 1675 an der Universität Edinburgh. In seiner 1663 erschienenen Optica promota, gab er die erste Idee des nach ihm benannten Spiegeltelescops.

Grimaldi, Francesco Maria, Jesuit, geb. am 2. April 1618 zu Bologna, gest. am 28. December 1663 ebenda, wo er Lehrer der Mathematik im Ordenscollegium war. Durch seine Entdeckung der Lichtbeugung gab er mit die ersten Thatsachen gegen die Emissionstheorie des Lichtes an die Hand.

Groombridge, geb. um 1755, gest. am 30. März 1832 zu Blakheath, war Tuchhändler in London, erbaute aus Liebe zur Astronomie eine Sternwarte, auf der die Beobachtungen zu dem nach ihm benannten Kataloge von Circumpolarsternen angestellt wurden.

Grösse der Himmelskörper, bezeichnet meist deren Radius oder Durchmesser, da wegen der Kugelgestalt der Himmelskörper im Allgemeinen, hierdurch die andern Verhältnisse, welche seine Grösse ausdrücken, nämlich Oberfläche und Volum, mitgegeben sind. Die wahre Grösse der Himmelskörper bestimmt sich aus der scheinbaren, d. h. dem Sehwinkel, unter welchem der Himmelskörper dem Beobachter erscheint und aus seiner Entfernung von der Erde. Ist A der Abstand des Mittelpunktes einer Kugel vom Auge des Beobachters, R ihr wahrer Halbmesser, h der Sehwinkel, unter welchem sie dem Beobachter erscheint, so ergiebt sich:

$$R = A \cdot \text{tang}\ {}^1/_2 h.$$

Für die Sonne ist A in runder Zahl = 20,000,000 Meilen, h = 32′, also $^1/_2$h = 16′, daher

$$R = 20{,}000{,}000 \cdot \text{tang}\ 16' = 93{,}085 \text{ Meilen},$$

doch ist diese Zahl nur eine annähernde und etwas zu gross, da die Entfernung A nur des Beispiels halber rund zu 20,000,000 Meilen angenommen wurde.

Die nachstehende Tafel enthält die wahren, in Meilen ausgedrückten Grössen der Planeten, der Sonne und des Mondes, ebenso die scheinbaren Durchmesser und die Abplattung:

Name des Planeten.	Scheinbarer Durchmesser in mittlerer Entfernung von der Erde.		Durchmesser in Deutschen Meilen.		Volum im Verhältniss zur Erde.	Oberfläche im Verhältniss zur Erde.
	äquatorealer	polarer	äquatorealer	polarer		
Merkur . .	6,68″	6,68″	644	644	0,05	0,13
Venus . .	17,13	17,13	1648	1648	0,90	0,93
Erde . . .	—	—	1719	1713	1,00	1,00
Mars . . .	9,52	9,44	918	910	0,15	0,29
Jupiter . .	38,01	35,79	19060	17950	1289	116
Saturn . .	17,05	15,38	15680	14140	654	68
Uranus . .	4,28	3,86	7900	7100	87	18
Neptun . .	2,7	2,7	8100	8100	105	24
—	—	—	—	—	—	—
Sonne . .	32′ 0,9″	32′ 0,9″	185200	185200	1251,000	11150
Mond . . .	31 4,8	31 4,8	468	468	0,02	0,07

Will man die Zahlen in der letzten Colonne, in Kubik- und Quadratmeilen umwandeln, so hat man sie nur mit den entsprechenden Werthen für die Erde, wie sie in dem über diese handelnden Artikel zu finden sind, zu multipliciren, nämlich die Zahlen für die Volumen mit dem in Kubikmeilen ausgedrückten Volumen der Erde und die Zahlen für die Oberflächen mit der in Quadratmeilen ausgedrückten Erdoberfläche.

Gruithuisen, Franz v. Paula, geb. am 19. März 1774 auf Schloss

Haltenberg am Lech, gest. am 21. Juni 1852 zu München, war Anfangs Feldchirurg, studirte und ward 1808 Lehrer der Naturwissenschaften und 1826 Professor der Astronomie an der Universität zu München. Seine astronomischen Beobachtungen sind ohne Kritik und seine Folgerungen aus denselben meist geradezu phantastisch.

Guinand, Pierre Luis, geb. um 1744 zu Brenets bei Neufchatel, gest. 1824 ebenda, war Anfangs Tischler, wandte sich dann aber der Optik zu und gelangte zu einigen wichtigen Verbesserungen in der Darstellung von Flintglasmassen, weshalb ihn Utzschneider 1805 in sein Institut nach Benedictbeuren berief, wo er bis 1814 blieb und dann wieder in seine Heimath ging, wo er eine eigne Anstalt errichtete, die indess den steigenden Ruhm der Münchener Instrumente nicht zu beeinträchtigen vermochte.

Hadley, John, gest. am 15. Februar 1744 als Vicepräsident der Royal Society, war seines Gewerbes Instrumentenmacher und stand in persönlichem Verkehr mit den grossen Englischen Gelehrten seiner Zeit. Sein Name wird hauptsächlich genannt, weil er als Erfinder des nach ihm benannten Spiegelsextanten gilt. Es ist jedoch gegenwärtig erwiesen, dass weder er noch Godfrey, für den die Nordamerikaner die Ehre der Erfindung in Anspruch nehmen, sondern dass vielmehr Newton der wahre Erfinder ist. Nach Halley's Tod fand man nämlich unter seinen Papieren eine ganz von Newton's Hand herrührende Zeichnung und Beschreibung des Instruments. Derselbe war 1727 gestorben und 4 Jahre später trat Hadley mit seiner Erfindung auf. Warum Halley, der von Newton's Erfindung wusste, nicht dessen Rechte Hadley gegenüber geltend machte, ist unbekannt.

Hahn, Friedrich Graf von, geb. 1741 auf Gut Neuhaus in Holstein, gest. am 9. October 1805 zu Remplin bei Malchin, war ein äusserst thätiger astronomischer Beobachter, der sich eine kleine Privatsternwarte erbaut hatte. Er beobachtete auf derselben die Jupiterstreifen, die Venus, den Mond, die Sonne, veränderliche Sterne etc. Resultate von bleibendem Werthe hat er ebenso wenig hinterlassen, als die meisten grösseren Sternwarten die gleichzeitig thätig waren.

Haidinger, Wilhelm, geb. am 5. Februar 1795 zu Wien, bildete sich unter Moss zum Mineralogen aus, lebte dann in England und durchreiste hierauf einen grossen Theil von Europa. Nach seiner Rückkehr zog er sich bis 1840 nach Elnbogen zurück, mit mineralogischen Untersuchungen beschäftigt, ward darauf Sectionsrath im k. k. Ministerium für Landescultur und Bergwesen und Director der k. k. geologischen Reichsanstalt in Wien. Neben einer grossen Thätigkeit auf dem speciell mineralogischen Gebiete hat sich Haidinger grosse Verdienste um die Meteoritenkunde erworben, und die durch ihn begründete Meteoritensammlung in Wien zählt zu den bedeutendsten der Welt.

Halbschatten. Wenn ein dunkler, undurchsichtiger Körper von einem andern leuchtenden Körper erleuchtet wird, so wirft er einen Schatten hinter sich, dessen Grösse und Gestalt von der Entfernung, Grösse

und Gestalt des leuchtenden und beleuchteten Körpers zugleich abhängt. Nehmen wir als leuchtenden Körper die Sonne, als erleuchteten die Erde und denken uns einen Augenblick beide an Grösse gleich, so würde der Schatten hinter der Erde die Form eines Cylinders haben und sich ins Unendliche hinaus erstrecken. Da die Erde kleiner ist als die Sonne, so besitzt der Erdschatten in Wirklichkeit die Gestalt eines Kegels. Die nachstehende Fig. 31 zeigt einen Durchschnitt dieses Schattens, ab ist die Sonne, deren Mittelpunkt c, dc'e die Erde, die

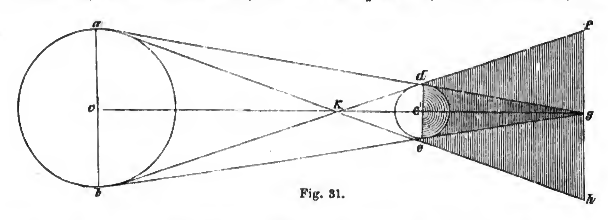


Fig. 31.

beiden die Erde tangirenden Sonnenstrahlen ad und be treffen sich verlängert in g und umschliessen den Raum des Kernschattens dge. Innerhalb dieses Raumes erblickt ein Auge keinen Theil der leuchtenden Sonnenkugel, es herrscht in dieser Beziehung absolute Dunkelheit. An den Seiten dieses Kernschattens befindet sich ebenfalls ein Schatten, aber von geringerer Dunkelheit. Derselbe wird begrenzt durch die tangirenden Sonnenstrahlen bf und ah, und bildet in Wirklichkeit einen sich ins Unendliche verlängernden Kegel, dessen Scheitel k auf der die Mittelpunkte von Sonne und Erde verbindenden Linie zwischen beiden Himmelskörpern liegt. Dieser Schatten wird Halbschatten genannt; er umschliesst alle diejenigen Punkte, welche nur von einzelnen Theilen des leuchtenden Körpers Licht empfangen, und zwar erhalten, wie man leicht einsieht, die im Halbschatten liegenden Theile um so weniger Licht, je näher sie der Gränze des Kernschattens liegen. Bei einzelnen Himmelskörpern lässt sich der Eintritt in den Kernschatten anderer beobachten, aber der Eintritt in den Halbschatten ist selbst bei unserm Monde nicht wahrzunehmen. Zu bemerken ist noch, dass der Halbschatten in Wirklichkeit nicht plötzlich, sondern sehr allmählich in den Kernschatten übergeht, weshalb der Zeitpunkt des Eintritts in den Kernschatten nur näherungsweise in den Beobachtungen erkannt werden kann.

Vergl. Kernschatten und Finsternisse.

Halley, Edmund, geb. am 29. October (a. St.) 1656 zu Haggerston bei London, gest. am 14. Januar (a. St.) 1724 zu Greenwich, einer der berühmtesten Astronomen seiner Zeit, ging 1676 nach der Insel St. Helena, um die Sterne des südlichen Himmels zu bestimmen. Als Frucht dieses Aufenthaltes erschien 1676 der Catalogus stellarum australium, doch enthält derselbe nur Sterne der ersten sechs Grössenklassen. Im Jahre 1691 machte er eingehend auf die Wichtigkeit der

Venusdurchgänge für die Bestimmung der Sonnenparallaxe aufmerksam und begründete dadurch diese wichtige Methode, deren erste Ideen freilich schon bei J. Gregory in dessen Optica promota zu finden sind. In den Jahren 1698—1700 machte er zwei Reisen durch den Atlantischen Ocean zu den Amerikanischen Küsten, um die Richtung der Magnetnadel an verschiedenen Punkten der Erdoberfläche zu bestimmen, und gab dadurch den ersten Anstoss zu genauen Untersuchungen des Erdmagnetismus. Als Resultat seiner Arbeiten erschien im Jahre 1701 die erste grössere Karte der magnetischen Declination. Halley wandte sich nunmehr wieder specieller der Astronomie zu, besonders nachdem er 1703 an Wallis Stelle Professor der Geometrie an der Universität zu Oxford geworden war. Nach neuen Methoden berechnete er 1705 die Bahnelemente der Kometen von 1531, 1607 und 1682, und wagte, gestützt auf die Aehnlichkeit derselben untereinander und die nahe gleiche Dauer der Zwischenzeit, die Behauptung, dass diese Erscheinungen sämmtlich Wiederkünfte eines und desselben Kometen seien, der gegen Anfang 1759 zurückkehren werde. Die Voraussage bestätigte sich in der That, und der Komet führt seitdem den Namen des Halley'schen Kometen. Nach Flamsteed's Tode wurde Halley Director der Sternwarte Greenwich.

Hankel, Wilhelm Gottlieb, geb. am 17. Mai 1814 zu Ermsleben in der Provinz Sachsen, Anfangs Lehrer an der Realschule zu Halle, später Professor der Physik an der Universität zu Leipzig, thätiger Physiker, der sich besonders mit den elektrischen Erscheinungen beschäftigt. Er besorgte die deutsche Ausgabe von Arago's sämmtlichen Werken.

Hansen, Peter Andreas, geb. am 8. Dec. 1795 zu Tondern in Schleswig, war Anfangs Gehülfe bei Schumacher auf der Sternwarte zu Altona und wurde 1825 nach Encke's Abgange Director der Sternwarte Seeberg bei Gotha. Hansen gilt mit Recht als einer der tiefsten Kenner dessen, was man als Mechanik des Himmels bezeichnet. Seine Untersuchungen umfassen die schwierigsten Gegenstände der physischen Astronomie. Seine Abhandlung „Untersuchungen über die gegenseitigen Störungen Jupiters und Saturns" wurden 1831 von der Berliner Akademie gekrönt. Den grössten Ruhm erwarb sich Hansen indess durch seine neuen Mondtafeln, welche den verwickelten Lauf des Mondes mit einer Genauigkeit darstellen, die man zu erreichen früher nicht für möglich gehalten hätte. Die im Vereine mit Olufsen herausgegebenen Sonnentafeln (Tables du Soleil, executées d'après les ordres de la Soc. roy. des Sciences à Copenhague, 1854) zeichnen sich ebenfalls durch grosse Genauigkeit aus, sollen indess den neuen Sonnentafeln Léverrier's doch etwas nachstehen.

Harding, Karl Ludwig, geb. am 29. September 1765 zu Lauenburg, gest. am 31. August 1834 zu Göttingen, widmete sich Anfangs der Theologie, wandte sich aber dann der Astronomie zu, ward 1800 Observator und Inspector der Privatsternwarte des Oberamtmanns Schröter in Lilienthal bei Bremen, folgte 1805 einem Rufe als ausserordentlicher Professor der Astronomie nach Göttingen und ward 1812

Ordentlicher Professor der Astronomie dort und Mitglied der königl. Societät der Wissenschaften. Harding war ein sehr thätiger Beobachter, er entdeckte am 1. September 1804 die Juno, sowie (wenn auch nicht gerade zuerst) mehrere Kometen, beobachtete den Mars, den Jupiter, den Saturn, den Mond, das aschfarbene Licht der Venus. Der von ihm zusammengestellte Atlas novus coelestis, war für seine Zeit der reichhaltigste Himmelsatlas. Neben Gauss spielte übrigens Harding in Göttingen nur eine untergeordnete Rolle.

Harrison, John, geb. 1693 zu Foulby, gest. am 24. März 1776 zu London, berühmter Uhrmacher, Sohn eines armen Zimmermanns, beschäftigte sich in der ersten Zeit mit dem Handwerke seines Vaters und benutzte seine freien Stunden um Uhren anzufertigen und über deren Verbesserung nachzusinnen, besonders seitdem ihm die Preisausschreibung des Englischen Parlaments für Verfertigung einer genauen tragbaren Seeuhr bekannt geworden war. Im Jahre 1728 erschien er mit Zeichnungen einer solchen Uhr in London, wo ihm Graham rieth, die Uhr praktisch auszuführen. Nach 8 Jahren erschien er mit einer solchen Uhr, welche die Prüfung bestand und worauf ihm ein Theil des Preises sowie die goldene Copley'sche Medaille zuerkannt wurde. Später erhielt er noch einzelne Preise, im Ganzen über 160,000 Thaler. Nach Lichtenberg's Schilderung war Harrison ein sehr eigennütziger, unzufriedener Mann.

Heinsius, Gottfried, geb. im April 1709 zu Naumburg, gest. am 21. Mai 1769 zu Leipzig, erst Privatdocent an der Universität zu Leipzig, darauf Professor der Astronomie zu Petersburg und zuletzt Professor der Mathematik zu Leipzig, beobachtete vielfach die erscheinenden Kometen, besonders jenen von 1744, dessen merkwürdige Lichtausströmungen er wahrnahm.

Heis, Eduard, geb. am 18. Februar 1806 zu Köln, Anfangs Lehrer an den Gymnasien zu Köln und Aachen, darauf Professor der Mathematik und Astronomie an der Akademie zu Münster, um die Kenntniss des Lichtwechsels der veränderlichen und um die Grössenbestimmungen der Sterne überhaupt sehr verdienter Beobachter, der gleichzeitig für die Beobachtung von Sternschnuppen unermüdet thätig ist.

Hell, Maximilian, Jesuit, geb. am 15. Mai 1720 zu Schemnitz, gest. am 14. August 1792 zu Wien, wurde, nachdem er Lehrer an verschiedenen Schulen gewesen, 1755 Astronom der neu errichteten Wiener Sternwarte und machte als solcher eine Reise nach Wardöhus für Beobachtung des Venusdurchganges, doch verdienen die von ihm gegebenen Beobachtungsresultate kein Vertrauen.

Heliacischer Aufgang und Untergang, s. Aufgang d. Gestirne.

Heliocentrisch wird das genannt, was sich auf den Mittelpunkt der Sonne bezieht oder auf diesen bezogen, als in diesem beobachtet, gedacht wird. So spricht man z. B. von einer heliocentrischen Länge der Planeten und versteht darunter die Länge derselben, wie sie sich für einen Beobachter im Mittelpunkte der Sonne darstellt. Natürlich kann man nicht in den Mittelpunkt der Sonne gelangen und man muss

daher die heliocentrische Länge aus der von der Erde aus beobachteten, aus der geocentrischen (s. d.) durch Rechnung ableiten.

Heliometer, ein zuerst von Bouguer angegebenes Instrument, um sehr kleine Winkel am Himmel zu bestimmen. Wie der Name besagt, diente es ursprünglich dazu, den Sonnendurchmesser zu messen, aber in der Vervollkommnung, welche ihm Fraunhofer gab, kann der Heliometer gegenwärtig zu allen mikrometrischen Messungen am Himmel benutzt werden.

Bouguer's Heliometer bestand aus einem Fernrohre mit zwei nebeneinander stehenden, in jeder Beziehung vollkommen gleichen Objectivgläsern. Die Bilder, welche diese Objective in zwei dicht nebeneinander liegenden Brennpunkten entwarfen, wurden gleichzeitig durch ein einziges Okular betrachtet. Das eine der beiden Objectivgläser war durch eine Schraube verschiebbar, so dass der Mittelpunkt desselben längs der gemeinsamen Durchschnittslinie bis zu einem gewissen Betrage von dem andern entfernt werden konnte. In Folge dieser Verschiebung entfernte sich natürlich das durch dieses Objectiv erzeugte Bild von demjenigen des andern Objectivs. Wenn nun z. B. das Instrument auf die Sonne gerichtet und beide Objective so weit von einander entfernt waren, dass sich die beiden Sonnenbilder mit ihren Rändern noch eben berührten, so gab der Abstand der Mittelpunkte beider Objective einen Maassstab für den Durchmesser der Sonne. Dieser Abstand wird durch eine Schraube gemessen, deren Drehungen die Objective jedesmal um einen bekannten Winkelwerth von einander entfernen. Die Zahl der Schraubenumgänge misst also die Winkelgrösse des Durchmessers des Sonnenbildes. Gewisse Unbequemlichkeiten beim Gebrauche des Instruments führten schon bald darauf, an den beiden innern, einander zugekehrten Rändern der Objective beiderseits gleiche Stücke wegzuschneiden. Dollond ging noch weiter und verwandte zu seinen Heliometern blos ein Objectiv, das er in der Mitte senkrecht durchschnitt und dessen eine Hälfte er beweglich machte. Einen ungleich grösseren Schritt zur Vervollkommnung des Instruments that Frauenhofer, auch er adoptirte das durchschnittene Objectiv Dollond's, aber er machte beide Objectivhälften beweglich und gab dadurch die Möglichkeit sogenannter multiplicirender Beobachtungen. Das Princip dieser letztern ist ungemein einfach. Beim Beginne der Messung erblickt der Beobachter den zu messenden Gegenstand, z. B. wieder die Sonne einfach und die beiden Theilungen stehen auf einem gleichen Punkte der Scala. Er schraubt jetzt die eine Objectivhälfte weg und sofort entstehen zwei Bilder der Sonne, die sich zum Theile decken. Diese beiden Bilder bringt er jetzt so weit auseinander, bis sie sich eben noch berühren; so findet sich der einfache Durchmesser der Sonne. Nun führt der Beobachter mittelst der zweiten Schraube das eine Bild über das andere hinweg, bis sich beide abermals berühren, dies giebt den zweifachen Durchmesser; die Bewegung der ersten Objectivhälfte abermals bis zur Berührung beider Bilder, giebt den dreifachen Durchmesser etc. Auf diese Weise werden durch Vermehrung der Messungen die Einzelfehler der Einstellung wie

der Theilung vermindert und das Endresultat ist einer ungemeinen Genauigkeit fähig.

Was in geschickter Hand mit einem Fraunhofer'schen Heliometer zu erreichen ist, hat Bessel gezeigt, obgleich sein Instrument, verglichen mit denjenigen, die man heute besitzt (z. B. auf der Sternwarte zu Oxford) noch unvollkommen und klein genannt werden muss. In seiner Abhandlung über die Parallaxe von 61 im Schwan hat Bessel gezeigt, dass 28 Meridianbeobachtungen Bradley's nur das Gewicht einer einzigen Heliometerbeobachtung haben.

Heliostat, ein, wie es scheint, zuerst von s'Gravesande angegebenes Instrument, bei welchem trotz des ununterbrochenen Fortrückens der Sonne, ein von einem Spiegel reflectirter Sonnenstrahl dennoch stets nach einer unveränderten Richtung hingeworfen wird. Man erreicht dies dadurch, dass dem Spiegel mittels eines Uhrwerks eine passende Bewegung ertheilt wird.

Heliotrop, ein von Gauss erfundenes Instrument, um bei grossen

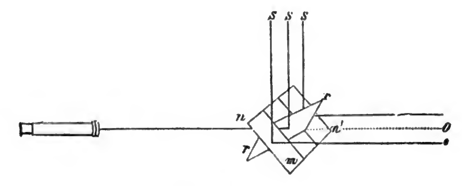


Fig. 32

geodätischen Messungen das Sonnenbild als Signalpunkt einem entfernten Beobachter zuzuwerfen. Dieses Instrument hat besonders für Gradmessungen eine grosse Wichtigkeit erlangt, indem es ermöglicht, selbst bei sehr grossen Dreiecken die Endpunkte derselben, auf welche bei den Winkelmessungen eingestellt werden muss, stets und sicher wahrzunehmen. Die Schwierigkeit, diese Richtungssignale stets und hinreichend scharf zu erkennen, hatte schon früher zu mannigfachen Vorschlägen geführt und man blieb schliesslich dabei stehen, diese Punkte künstlich zu erleuchten und die Beobachtungen bei Nacht anzustellen. Allein auch hierbei zeigten sich noch bedeutende Uebelstände, wie besonders die grosse Französische Gradmessung erwies. Da kam Gauss auf die Idee, den Widerschein der Sonne (der z. B. von spiegelnden Fensterscheiben ungemein weit reflectirt wird) zu benutzen, um dem Beobachter Licht zuzuwerfen. In der That blinkt das mittelst des Heliotrops gesandte Licht selbst aus einer Distanz von 100,000 Metern gleich einem hellen Sterne, so dass eine Einstellung auf dasselbe mit aller wünschenswerthen Genauigkeit möglich ist. Das Princip des Instruments ist folgendes:

Es sei (Fig. 32.) ein Fernrohr auf den Punkt o gerichtet, so dass

der von o ausgehende Lichtstrahl das am Okularende befindliche Auge trifft. Denkt man sich auf der Linie dieses Lichtstrahls, nahe vor dem Fernrohre einen ebenen Spiegel rr angebracht und so aufgestellt, dass er die auf ihn fallenden Sonnenstrahlen S genau auf der Linie mo in das Fernrohr wirft, so wird man nunmehr in diesem, statt des Punktes o das Bild der Sonne erblicken. Ein anderer, senkrecht zur Ebene des Spiegels rr′ stehender, aus zwei Theilen bestehender Spiegel nn′ wird aber in gleicher Weise die Sonnenstrahlen in der Richtung m′o reflectiren. Ist nun der Punkt o sehr weit entfernt, so verschwindet die Breite des Spiegels nn′ gegen jene Entfernung und man wird dort m′o mit n′o zusammenfallend erblicken. Da die beiden Spiegel rr′ und nn′ aufeinander senkrecht stehen, ferner das Fernrohr genau auf das Object o gerichtet ist, so wird man hier das vom Spiegel nn′ reflectirte Sonnenlicht erblicken. Der Beobachter in m hat aber ein leichtes Mittel, sich von der Ankunft des reflectirten Sonnenlichtes an der richtigen Stelle o′ zu überzeugen, indem er in diesem Falle das von sr′ reflectirte Sonnenlicht im Fernrohre sieht. Er kann dann sicher sein, dass auch die in der entgegengesetzten Richtung reflectirten Strahlen an den richtigen Punkt gelangen.

Helischer oder heliakischer Aufgang, nennt man den Zeitpunkt, wenn ein Stern der mit der Sonne in Conjunction und also deshalb nicht sichtbar war, zuerst wieder vor Aufgang der Sonne sichtbar wird. Helischer Untergang ist der Zeitpunkt, wenn ein Stern in der Abenddämmerung unsichtbar zu werden beginnt. S. Aufgang.

Helmholtz, Herman Ludwig Ferdinand, einer der scharfsinnigsten und hervorragendsten Forscher der Gegenwart, geb. am 31. August 1821 zu Potsdam, war Anfangs Militärarzt, darauf Gehülfe am anatomischen Museum zu Berlin, hierauf Professor der Physiologie zu Königsberg, Bonn und seit 1858 zu Heidelberg. Eine Aufzählung und Würdigung der sämmtlichen Arbeiten dieses genialen Naturforschers, gehört um so weniger an diesen Ort, als sich jene über die verschiedenartigsten Gebiete der Wissenschaft erstrecken; hier möge nur daran erinnert werden, dass man Helmholtz wichtige Arbeiten über das Gesetz von der Erhaltung der Kraft in seiner Anwendung auf die Astronomie verdankt.

Hencke, Karl Ludwig, geb. am 8. April 1793 zu Driesen, gest. am 21. September 1866 zu Marienwerder, machte die Freiheitskriege mit und wurde bei Lützen verwundet, war in verschiedenen Orten als Postbeamter und zuletzt als Postmeister in Friedeberg in der Neumark thätig, nahm dann seinen Abschied und widmete sich ganz astronomischen Beobachtungen. Mit dem Entwurf einer grossen und die kleinsten Sterne umfassenden Himmelskarte beschäftigt, entdeckte er bei den dieserhalb angestellten Fixsternbeobachtungen am 8. December 1845 den Planetoiden Asträa und am 1. Juli 1847 die Hebe. Dadurch wurde der Anstoss zu weitern, von Erfolg gekrönten Nachforschungen nach kleinen Planeten gegeben.

Herbst, eine der vier Jahreszeiten und zwar diejenige, welche zwischen Sommer und Winter fällt und in unserer Erdhälfte astrono-

misch mit dem Eintritte der Sonne in das Zeichen der Waage, am 23. September beginnt, und mit dem Eintritte der Sonne in das Zeichen des Steinbocks, am 21. December, schliesst. Am 23. September erreicht die Sonne bei ihrer südwärts gerichteten Bewegung zum zweiten Male im Jahre den Aequator, macht Tag und Nacht gleich und wendet sich immer mehr südwärts, bis sie am 21. December ihren tiefsten Stand südlich vom Aequator (ihre grösste südliche Declination) erreicht und sich wieder dem Aequator zu nähern beginnt.

Für die südliche Halbkugel der Erde beginnt der Herbst, wenn sich die Sonne im Aequator befindet und denselben nordwärts überschreitet, und er endigt für sie, wenn die Sonne ihren grössten nördlichen Abstand vom Aequator erreicht hat. Man sieht leicht ein, dass der Herbst der südlichen Halbkugel hiernach mit unserm Frühlinge zusammenfällt, indem er am 20. März beginnt und am 21. Juni endigt.

Der Herbst der südlichen Hemisphäre dauert also, astronomisch genommen, vier Tage länger als unser Herbst, und zwar aus dem Grunde, weil die Sonne in den Monaten März bis Juni eine geringere Winkelgeschwindigkeit in der Ekliptik besitzt als in den Monaten September bis December, also um gleich grosse Bogen am Himmel zu durchlaufen, in den erstgenannten Monaten einer etwas längeren Zeitdauer bedarf.

Herbstnachtgleiche, die Zeit für die nördliche Halbkugel, wenn die Sonne auf ihrer südwärts gerichteten Bewegung zum zweiten Male im Jahre den Himmelsaequator erreicht, für die ganze Erde Tag und Nacht gleich macht und der Herbst seinen Anfang nimmt. Es geschieht dies für die nördliche Halbkugel am 23. September.

Herbstpunkt, derjenige der beiden Durchschnittspunkte des Aequators mit der Ekliptik, in welchem sich die Sonne am 23. September befindet. Dieser Punkt liegt im Anfangspunkte des Zeichens der Waage, im Sternbilde der Jungfrau. Der Herbstpunkt steht dem Frühlingspunkte diametral gegenüber, und da man sowohl Länge als Rectascension von letzterm ab zählt, so beträgt sowohl die Länge als die Rectascension des Herbstpunktes 180^0 oder 15^h.

Herschel, Friedrich Wilhelm, der grösste astronomische Entdecker aller Jahrhunderte, geb. am 15. November 1738 zu Hannover als der Sohn eines Musikers, gest. am 25. August 1822 zu Slough bei Windsor. Anfänglich Hautboist bei einem Hannoverschen Truppencorps und von mangelhafter wissenschaftlicher Vorbildung, ging er mit dem Regimente 1757 nach London, ward darauf Musiklehrer in Leeds, 1765 Organist zu Halifax und im folgenden Jahre Musikdirector in Bath. Seine freie Zeit benutzte er zum Studium der Mathematik und kam dadurch auf die Astronomie, auf deren Fortbildung er einen so wichtigen Einfluss ausüben sollte. Um selbst Beobachtungen anstellen zu können, beabsichtigte er den Ankauf eines Fernrohrs, da indess hierzu seine Mittel nicht ausreichten, warf er sich mit Consequenz auf die Selbstanfertigung von Spiegelteleskopen, deren erstes er 1774 auch vollendete und damit einzelne Planeten beobachtete. Indem er mit der Verfertigung von Reflectoren immer weiter ging, gelangte er schon vor

1780 in den Besitz von Fernrohren, die an optischer Kraft mit den meisten damals überhaupt vorhandenen zu wetteifern vermochten. Am Abende des 13. März 1781 glückte es ihm im Bilde der Zwillinge einen früher nicht gesehenen Stern wahrzunehmen, der bei starken Vergrösserungen eine deutliche Scheibe zeigte. Herschel hielt ihn für einen Kometen und meldete seine Auffindung der Royal Society in London. Als es sich später herausstellte, dass das neue Gestirn ein jenseits des Saturn umlaufender Planet sei, gab er ihm den Namen Georgium sidus, zu Ehren seines königlichen Beschützers Georg III., doch hat sich diese Benennung nicht erhalten und der Planet wird gegenwärtig nach Bode's Vorschlag allgemein Uranus genannt. In den folgenden Jahren entdeckte Herschel noch mehrere Trabanten des Uranus (worüber der Artikel Uranus nachzulesen), sowie am 18. Juli und 28. August 1789 die beiden innersten Monde des Saturn. Ausserdem lieferte Herschel zahlreiche Beobachtungen der Planeten sowie der Sonne, und entwickelte von den physikalischen Zuständen der letztern eine Theorie, die von den Astronomen allgemein angenommen wurde, gegenwärtig aber, Dank den Fortschritten der Physik und der Beobachtungskunst, verlassen ist. Das hauptsächlichste Feld für Herschel's Thätigkeit war unstreitig der Fixsternhimmel. Von der Idee ausgehend, dass nahe bei einander stehende, sogenannte Doppelsterne ein geeignetes Mittel zur Bestimmung ihrer jährlichen Parallaxe (s. d.) darbieten möchten, wandte er seine Aufmerksamkeit der Beobachtung dieser Doppelsterne zu, entdeckte eine unerwartet grosse Anzahl derselben und fand schliesslich, dass die Doppelsterne meist Partialsysteme bilden, in denen zwei Sonnen um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen. Ausserdem entdeckte Herschel eine Menge von Sternhaufen und Nebelflecken, und verbreitete zuerst einigermaassen richtige Ansichten über deren Stellung und Natur. Von besonderer Wichtigkeit sind seine Beobachtungen für die Gegenwart, weil sie Anknüpfungspunkte darbieten, um die Ortsveränderungen in den Welträumen durch Vergleichung der neueren Beobachtungen mit ihnen zu constatiren. Eine genaue und erschöpfende Darstellung aller Arbeiten Herschel's existirt nicht, die sogenannte Analyse der Arbeiten William Herschel's, welche Arago im Annuaire für 1842 gegeben, und auf die häufig und von den verschiedensten Seiten hingewiesen wird, ist durchaus nicht erschöpfend und steht heute keineswegs mehr auf der Höhe der Wissenschaft.

Herschel hat auf seiner langen astronomischen Laufbahn durchaus keinen Nebenbuhler gehabt, er stand einsam und genial da, gross in seinen Anschauungen wie in seinen Instrumenten. Obgleich nur im Besitze ziemlich beschränkter mathematischer Kenntnisse und dadurch bisweilen sehr behindert, war er doch fast allen gleichzeitig lebenden Astronomen überlegen durch den Umfang seines Wissens im Allgemeinen.

Herschel, Caroline Lucretia, geb. am 16. März 1750 zu Hannover, gest. am 9. Januar 1848 ebenda, Schwester des grossen Astronomen, ging 1772 zu ihm nach Bath, unterstützte ihn in Slough bei seinen

wissenschaftlichen Arbeiten und entdeckte 8 Kometen, von denen ihr bei 6 die Priorität blieb. Nach dem Tode ihres Bruders kehrte sie nach Hannover zurück, wo sie, im Besitze einer ihr von Georg III. ausgeworfenen Pension, unverheirathet starb.

Herschel, Sir John Frederick William, Sohn des grossen Astronomen, geb. am 7. März 1792 zu Slough bei Windsor, Erbe von Wilhelm Herschel's astronomischem Talent und seinen Instrumenten, scharfsinnig und gross in seinen Ideen wie sein Vater, aber diesem überlegen durch tiefere, ausgedehnte wissenschaftliche Bildung. Er setzte die Untersuchungen seines Vaters über Doppelsterne, Sternhaufen und Nebelflecke fort, und dehnte sie auf den südlichen Himmel aus, indem er seine mächtigen Instrumente nach dem Cap der guten Hoffnung versetzte und dort von 1834—1838 beobachtete. Nach seiner Rückkehr zum Baronet erhoben, beschäftigte er sich vorwiegend mit optischen Untersuchungen, war 1850—1855 Director der königlichen Münze, und lebt seitdem als Privatmann theils in London, theils auf seinem Landsitze. Seine wissenschaftlichen Arbeiten sind sehr zahlreich und über die verschiedensten Theile der Naturforschung sich erstreckend, weshalb sie schon aus diesem Grunde hier nicht eingehender erörtert werden können. Sein Sohn Alexander Herschel beschäftigt sich eingehend und mit Glück mit der Beobachtung von Sternschnuppen und der Ableitung der Radiationspunkte derselben.

Hevel, Johann, eigentlich Hevelke, d. h. Hügelchen, berühmter Astronom, geb. am 28. Januar 1611 zu Danzig, gest. am 28. Januar 1687 ebenda, studirte in Leyden und bereiste in den Jahren 1630 bis 1634 einen grossen Theil von Europa. Nach Danzig zurückgekehrt, ward er 1641 Schöppe, 1651 Rathsherr. Im Jahre 1641 erbaute er sich auf seine Kosten eine schöne Sternwarte, auf welcher er mit grossem Fleisse den Mond beobachtete und 1641 in der Selenographia s. descriptio lunae eine Mondtopographie nebst Phasenzeichnungen lieferte, die lange Zeit hindurch den ersten Rang unter den analogen Arbeiten einnahm. Auch die Kometen beobachtete Hevel fleissig, hatte eine Idee von ihrer parabolischen Bewegung und lieferte in seiner Cometographia (1668) ein Werk, das manches Schätzbare enthält, aber im Ganzen unwissenschaftlich ist. Ein Fixsternverzeichniss von 1888 Positionen auf 1660 reducirt, gab er in dem nach seinem Tode erschienenen „Prodromus astronomiae".

Himmel, Himmelsgewölbe, Himmelskugel, Firmament, die bei wolkenleerer Luft blaue Sphäre, welche sich über uns auszuspannen scheint und die uns von allen Seiten wie eine ungeheure Hohlkugel umgiebt. In Folge einer Gesichtstäusschung (s. d.) erscheint uns die sichtbare Hälfte des Himmelsgewölbes nicht als eine Halbkugel, sondern vielmehr flach gedrückt, als ein Kugelabschnitt. Ueber die einzelnen Erscheinungen, welche das Himmelsgewölbe darbietet, sind die betreffenden Artikel zu vergleichen, also Abendröthe, Atmosphäre etc.

Himmelskugel, künstliche, auch Himmelsglobus genannt, ist eine Kugel, auf welcher sich neben den vorzüglichsten Fixsternen und Sternbildern auch die Eintheilung des Himmels durch gewisse Kreise etc.

verzeichnet findet, und die demnach ein sehr passendes Hülfsmittel bildet, um diese Kreise, welche die Astronomen am Himmelsgewölbe gezogen denken, kennen zu lernen. Im Allgemeinen leidet jede Himmelskugel an der Unvollkommenheit, dass sich der Beschauer stets in ihren Mittelpunkt versetzt denken muss, um die von ihr angegebenen Verhältnisse direct mit dem Himmel vergleichen zu können. Die Alten kannten künstliche Himmelskugeln nicht, wohl aber die Araber, von denen sogar einzelne Himmelskugeln bis auf uns gekommen sind. Im Jahre 1583 brachte Tycho Brahe eine messingene Himmelskugel von 6 Fuss Durchmesser zu Stande. Im Jahre 1713 schenkte Christian August von Holstein Peter dem Grossen einen Globus, zu dessen Herstellung der Mechaniker Andreas Busch unter Leitung von Adam Olearius 10 Jahre verwandt hatte. Peter der Grosse befahl, diesen Globus nach Reval zu bringen, von wo er auf dem Landwege mit grosser Mühe nach Petersburg geschafft wurde. Hier wurde er in der Nähe des Sommerpalais unter einem hölzernen Schutzdache aufgestellt und der Aufsicht des Mechanikers Christoph Degio anvertraut.

Der Globus war ganz von Kupfer und besass 11 Fuss Durchmesser. Aussen war die Oberfläche der Erdkugel abgebildet, innen enthielt er den gestirnten Himmel. In diesem Innern befanden sich ein Tisch und Bänke, auf denen 12 Menschen Platz finden konnten um zu beobachten, wie sich der Globus, ähnlich dem gestirnten Himmel in 24 Stunden um seine Axe und den angebrachten Meridian und Horizont bewegte.

Am 10. October 1725 wurde dieser Globus der Akademie der Wissenschaften übergeben, verdarb aber am 6. December 1747 in den Flammen des in der Akademie ausgebrochenen Brandes. Nur das Gerippe, der eiserne Kreis und die Axe blieben übrig. Im September 1750 befahl die Kaiserin Elisabeth den Globus aus den Mitteln der Akademie wieder herzustellen und ein besonderes Gebäude zu errichten, in dem er untergebracht werden sollte. Diesmal wurde der Globus indess nicht wieder ganz aus Kupfer gemacht, sondern vielmehr mit lackirter Leinwand überzogen und auf dieser die nöthigen Zeichnungen angebracht.

Einen 6 Fuss im Durchmesser haltenden Globus stellte 1752 Robert de Vaupondy für die kosmographische Gesellschaft in Upsala her.

Die grösste Vervollkommnung hat in der neuesten Zeit Garthe den Himmelskugeln in seinem Kosmoglobus (s. d.) gegeben.

Bei der Himmelskugeln unterscheidet man vorab die beiden Umdrehungspole, den Nord- und den Südpol, um welche die Kugel sich bewegen kann. Diese beiden Punkte entsprechen den Umdrehungspolen des Himmelsgewölbes, um welches sich dieses in 24 Stunden einmal herumdreht.

Concentrisch mit diesen Polen sind auf der Himmelskugel Kreise gezogen, deren grösster — gleich weit von beiden Polen abstehend — der Aequator ist. Der Aequator theilt die Kugel in eine nördliche und südliche Hemisphäre. Senkrecht zum Aequator, durch beide Pole

gehend, zeigt die Himmelskugel eine bestimmte Anzahl grösster Kreise, welche die Meridiane oder Mittagskreise, d. h. die Rectascensionskreise der Sterne, sind. Die concentrisch um die Pole, also parallel dem Aequator gezogenen Kreise, sind die Declinationskreise der Gestirne, oder auch ihre Tagekreise. Ein grösster Kreis, welcher den Aequator unter einem Winkel von $23\frac{1}{2}^0$ schneidet, stellt die Ekliptik oder Sonnenbahn vor. Die Ekliptik theilt die Himmelskugel wiederum in zwei gleiche Hälften, im Mittelpunkte der nördlichen Hälfte liegt der Nordpol der Ekliptik, im Mittelpunkte der Südhälfte ihr Südpol. Der concentrisch um den Nordpol des Aequators gezogene und durch den Nordpol der Ekliptik gehende Kreis heisst der nördliche Polarkreis (also analog wie der gleichnamige Kreis auf der Erdkugel); ein ähnlicher Kreis um den Südpol des Himmelsaequators durch den Südpol der Ekliptik, bezeichnet den südlichen Polarkreis. Zwei Kreise parallel dem Aequator und nördlich und südlich je $23\frac{1}{2}^0$ von ihm entfernt, heissen die Wendekreise — ebenfalls ganz wie auf der Erdkugel.

Um die Erscheinungen des Auf- und Unterganges der Sterne darstellen zu können, besitzt der Himmelsglobus noch einen messingenen Ring, der den Meridian vorstellt, und einen horizontalen Kreis, welcher ihn umgiebt und den Horizont bildet. Der messingene Ring ist in 360^0 eingetheilt und zwar in je 4mal 90 Grade der Art, dass die Nullpunkte mit dem Aequator und die Punkte von 90 Grad mit den Umdrehungspolen der Himmelskugel zusammenfallen. Der Horizont ist ebenfalls in 360 Grade eingetheilt, aber fortlaufend von 0^0 bis 360^0, ausserdem sind auf seiner breiten Fläche noch die 12 Zeichen des Thierkreises, die Längen der Sonne für alle Tage des Jahres etc. aufgetragen.

Um die Himmelskugel genau für eine bestimmte geographische Breite einstellen zu können, ist sie mit dem messingenen Meridian der Art beweglich, dass man ihrer Axe jede Neigung gegen den Horizont geben kann. Um den Globus nun für einen beliebigen Ort einzustellen, erhebt man seinen Nordpol um so viel Grade über den Horizont (d. h. über den Rand des horizontalen Kreises, der die Kugel umgiebt), als die geographische Breite des betreffenden Ortes beträgt. Um auch den Meridian der Himmelskugel in die Richtung des Meridians des Ortes zu bringen, dient die am Fusse des Globus angebrachte Magnetnadel. Diese Nadel spielt über einer Windrose, und man dreht nun das Gestell des Globus so lange, bis die Nordspitze der Nadel mit dem Nordstriche der Windrose zusammenfällt. Der Himmelsglobus ist dann, soweit sich dies erreichen lässt, nach den Weltgegenden orientirt.

Sobald die Himmelskugel richtig gestellt ist, sieht man bei ihrer Drehung sofort, welche Sterne über den Horizont des Ortes heraufkommen und welche nicht etc. Um auch die Zeit dieses Verweilens über dem Horizonte, überhaupt die Zeitpunkte gewisser Stellungen einfach ermitteln zu können, dient die in der Verlängerung der Umdrehungsaxe über dem Nordpol des Globus angebrachte Scheibe, welche in 24 Stunden eingetheilt ist und auf der ein Zeiger bei einer Drehung der Kugel um sich selbst, gleichzeitig einen Umlauf macht. Wird

ein Stern unter den Messingmeridian gebracht und der Zeiger auf 12 Uhr gestellt, und dreht man dann die Himmelskugel so lange, bis der Zeiger auf 1 Uhr, 2 Uhr etc. steht, so hat man unmittelbar die Stellung des Sternes 1 Stunde, 2 Stunden etc. Sternzeit nach seiner Culmination. Gewöhnlich ist jeder Himmelskugel auch noch ein beweglicher Viertelskreis oder Gradbogen beigegeben, den man an jedem Punkte des Meridians anschrauben kann. Befestigt man diesen mit seinem einen Ende am höchsten Punkte der Kugel, welcher also das Zenith des Beobachters darstellt, und legt ihn dann an den Stern in seiner betreffenden Stellung, 1, 2 etc. Stunden nach dem Meridiandurchgange, so kann man sofort auf jenem Gradbogen die Zenithdistanz des Sternes zu den betreffenden Zeiten ablesen, und ebenso findet man sein Azimuth, indem man den Bogen auf dem Horizonte zwischen dem Südpunkte und dem Orte, wo der Gradbogen den Horizont trifft, abliest.

Mittels des Himmelsglobus lassen sich eine Menge interessanter Aufgaben lösen, zu deren Lösung sonst zum Theil ziemlich viele mathematischen Kenntnisse und lange Rechnungen erforderlich sind. Freilich kann der Globus niemals so scharfe Resultate geben, als die Rechnung; allein in den meisten Fällen ist das auch gar nicht erforderlich, und die Angaben, welche man mittels eines nicht zu kleinen, gut gearbeiteten Himmelsgloben erhält, genügen für die meisten Zwecke, welche Freunde der Astronomie im Auge haben.

Um die Anwendung des Himmelsglobus zu zeigen, mögen einige Aufgaben nebst Anleitung zu ihrer Lösung hier Platz finden.

Man sucht den Ort des Horizonts, in welchem ein Stern aufgeht, und die Zeit, wie lange er sichtbar bleibt. Um diese Aufgabe zu lösen, bringe man den Stern in den Meridian und stelle den Zeiger auf 12 Uhr. Darauf dreht man den Globus und bringt den Stern in den Horizont. Der Punkt, wo der Stern im Horizont steht, giebt unmittelbar die Himmelsgegend seines Aufganges oder Unterganges an, und die von dem Zeiger durchlaufene Zahl von Stunden giebt die halbe Dauer des Verweilens des Sterns über dem Horizonte.

Man sucht den Ort des Auf- und Unterganges der Sonne und die Tagesdauer. Man markirt zu diesem Ende den Ort der Sonne in der Ekliptik für den bestimmten Tag, bringt diesen Punkt unter den Messingmeridian und verfährt im Uebrigen ganz wie im vorhergehenden Beispiele.

Man sucht für eine bestimmte Nachtstunde die Stellung des Sternenhimmels gegen den Horizont. Zu diesem Ende sucht man den Ort der Sonne für den betreffenden Tag in der Ekliptik, bringt ihn oberhalb des Horizonts unter den Messingmeridian und stellt den Zeiger auf 12 Uhr. Diese Lage der Himmelskugel giebt dann die Stellung der Gestirne gegen den Horizont im Mittage des betreffenden Tages. Hierauf dreht man die Himmelskugel so lange nach Westen fort, bis der Zeiger auf der betreffenden Abendstunde steht, wo man dann die gesuchte Stellung des Sternenhimmels gegen den Horizont gefunden hat.

Man sucht den Tag, an welchem ein Fixstern zugleich mit der Sonne auf- oder untergeht. Man bringt den betreffenden Fixstern durch Drehung des Globus in den Ost- oder West-Horizont und beobachtet den Grad der Ekliptik, der zugleich an der nämlichen Seite ebenfalls im Horizonte liegt. Sucht man aus den astronomischen Ephemeriden den Tag, an welchem die Sonne in diesem Punkte der Ekliptik sich befindet, so ist dies gleichzeitig der Tag, an welchem der Fixstern zugleich mit der Sonne auf- oder untergeht.

Man sucht den Tag, an welchem ein Fixstern bei Sonnenuntergang aufgeht, oder an welchem er bei Sonnenaufgang untergeht. Man verfährt genau wie im vorigen Beispiele, nur sucht man jenen Punkt der Ekliptik, der auf der dem Sterne gegenüberliegenden Seite im Horizont liegt.

Man sucht die Zeit, um wie viel ein Gestirn früher oder später auf- oder untergeht, als ein anderes. Man führt beide Gestirne nach einander in den West- oder Osthorizont und bemerkt den Unterschied der beiden Zeiten, auf welche der Zeiger für jedes der beiden Gestirne zeigte.

Dass bei allen diesen Aufgaben der Himmelsglobus vorher erst für die Polhöhe des Beobachtungsortes eingestellt sein muss, wie oben gezeigt wurde, ist selbstredend.

Hind, John Russell, geb. am 12. Mai 1823 zu Nottingham, Anfangs Civil-Ingenier, wurde 1840 Assistent auf der Sternwarte zu Greenwich, darauf 1844 Astronom an der Privatsternwarte Bishop's im Regent's Park zu London und zuletzt Superintendent des Nautical Alamanac. Hind gehört zu den thätigsten und glücklichsten Astronomen. Auf Bishop's Sternwarte entdeckte er 10 kleine Planeten, eine Menge veränderlicher Sterne etc. und entwarf sehr sorgfältige und umfassende Karten des Himmels zu beiden Seiten der Ekliptik.

Hipparch, der eigentliche Vater der wissenschaftlichen Astronomie, der grösste Astronom des Alterthums, lebte zwischen 160 u. 125 v. Chr., und ist wahrscheinlich zu Nicäa in Bithynien oder auf der Insel Rhodus — wo er auch beobachtete — geboren. Von seinen Werken hat sich nur Unbedeutendes erhalten. Er entwarf ein Fixsternverzeichniss und entdeckte das Vorrücken der Nachtgleichen, setzte die Länge des Jahres fest, schlug die Mondfinsternisse zur Längenbestimmung vor und erkannte die excentrische Stellung der Sonne in Bezug auf den Mittelpunkt der Erdbahn.

Holwarda, Johann Phocylides, Professor der Logik und Philosophie an der Universität zu Franeker, geb. am 19. Februar 1618 zu Holwarden in Friesland, gest. am 12. Januar 1651 zu Franeker, entdeckte die Periodicität in dem von Fabricius zuerst wahrgenommenen Lichtwechsel des Sternes ο im Walfische.

Höhe eines Gestirnes ist derjenige Winkel, dessen Scheitel im Auge des Beobachters liegt, während der eine Schenkel im Horizont liegt und der andere durch die grade Linie von dem Gestirne zu dem Auge des Beobachters gebildet wird. Die Höhe eines Gestirns ergänzt sich mit der Zenithdistanz oder dem Scheitelabstande desselben zu 90°.

Die grösste Höhe erreichen die Gestirne im Meridiane. Durch Angabe der Höhe, des Azimuths und des Zeitmoments, für welchen diese Angabe gilt, ist der Ort des Gestirns am Himmelsgewölbe vollkommen bestimmt.

Correspondirende Höhen nennt man die gleichen Höhen, welche ein Gestirn vor und nach seiner Culmination erreicht. Da ein Gestirn, welches seine Declination nicht ändert, offenbar in den Momenten, wo es Vor- und Nachmittags gleiche Höhen hat, gleichweit vom Meridiane absteht, so giebt die Beobachtung der correspondirenden Höhen ein gutes Mittel an die Hand, die Zeit zu bestimmen, wenn man auch die genaue Lage des Meridians nicht kennt. Man bedarf nur einer Uhr und eines nicht einmal genauen Höhenmessinstruments, da es gar nicht auf den absoluten Werth der Höhe, sondern nur darauf ankommt, dass die beiden Höhen Vor- und Nachmittags gleich sind. Wenn sich zwischen den beiden Beobachtungen die Declination des Gestirns ändert, was z. B. der Fall bei der Sonne und den Planeten ist, so muss man diese Veränderung in Rechnung ziehen.

Hohlspiegel, Spiegel von meist sphärischer Krümmung, welche Anwendung bei der Construction der Spiegeltelescope finden, weshalb sie dort im Zusammenhange mit Verwandtem besprochen sind.

Hooke, Robert, geb. am 18. Juli 1635 zu Freshwater auf der Insel Wight, gest. am 3. März 1703 zu London, einer der scharfsinnigsten Forscher des vergangenen Jahrhunderts, Zeitgenosse Newtons. Er studirte seit 1653 zu Oxford, ward 1664 Professor der Geometrie am Gresham College in London, erfand 1658 den Balancier der Taschenuhren, 1666 die Weingeistlibelle, stellte wichtige Untersuchungen über die Capillarität an und veröffentlichte 1665 seine Micrographia or philosophical description of minute bodies, worin sein Radbarometer beschrieben ist. Hooke hatte bereits eine Vorstellung von der Undulationstheorie des Lichtes und dem Princip des Interferenzen.

Horizont wird die Durchschnittslinie der freien Erdoberfläche mit dem Himmelsgewölbe genannt, wie sie sich einem Beobachter in ihrer ganzen Reinheit z. B. auf dem offenen Meere darstellt. Bisweilen wird übrigens auch die kreisförmige Ebene der Erdoberfläche Horizont genannt, obgleich sie richtiger als Horizontalebene bezeichnet wird, und ihr Durchschnitt mit dem Himmelsgewölbe den Horizont bildet. Der so eben definirte Horizont ist übrigens bloss der sogenannte scheinbare Horizont im Gegensatze zum wahren Horizonte, der dem scheinbaren parallel ist, dessen Ebene aber durch den Erdmittelpunkt geht. Für die Entfernung der Fixsterne fallen scheinbarer und wahrer Horizont zusammen, d. h. für diese Entfernung übersieht ein Beobachter im Erdmittelpunkte kein grösseres Stück des Himmels im wahren Horizonte, als ein Beobachter an der Erdoberfläche im scheinbaren. Für der Erde nähere Himmelskörper ist dies nicht mehr der Fall, vielmehr kann ein solcher schon über dem wahren, aber noch beträchtlich unter dem scheinbaren Horizonte stehen. Dieser Winkel, um welchen ein Himmelskörper über dem wahren Horizonte

stehen muss, um genau im scheinbaren Horizonte zu stehen, wird seine Horizontalparallaxe genannt.

Der Horizont durchschneidet den Meridian im Nord- und Südpunkte, den Aequator im West- und Ostpunkte.

In dem Maasse, wie man sich höher über den Erdboden erhebt, wächst der Radius der Horizontalebene, welche man übersieht. Man ersieht dies sehr einfach aus der nebenstehenden Fig. 33., in welcher der Beobachter in a bloss bis zu dem Punkte c, der Beobachter in b hingegen bis zu dem Punkte d zu sehen vermag; gleichzeitig mit der Erhebung über den Horizont und der Vergrösserung des Radius der Horizontalebene wird aber der Gesichtswinkel mac kleiner. Die nachstehende Tafel enthält für die verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche in der ersten Spalte, die zugehörigen Halbmesser der Horizontalebene in der zweiten Spalte und schliesslich in der dritten Spalte die entsprechende Grösse des Gesichtswinkels.

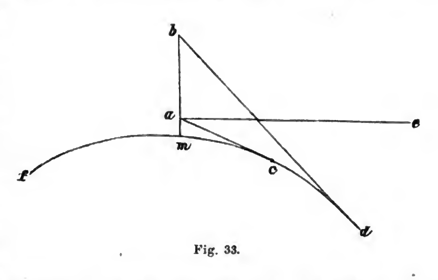


Fig. 33.

Höhe in Fussen.	Radius des Gesichtskreises in Fussen.	Gesichtswinkel.
10	19,800	89° 56'
20	28,000	89 55
30	34,300	89 54
40	39,600	89 53
50	44,300	89 52
100	62,600	89 49
200	88,600	89 44
300	108,500	89 41
400	125,300	89 38
500	140,100	89 35
1,000	198,100	89 25
5,000	443,000	88 42
10,000	626,400	88 10
20,000	885,900	87 25
25,000	990,500	87 14

Man vergleiche den Artikel Neigung des Meerhorizonts.

Horizont, künstlicher, vergl. Spiegelsextant.

Horizontal, wagerecht, nennt man eine Linie oder Ebene, welche dem Horizonte eines Ortes parallel läuft.

Hornstein, Karl, geb. 7. August 1824 zu Brünn, Observator an der Wiener Sternwarte, bekannt durch viele Beobachtungen und Rechnungen von Kometen und kleinen Planeten.

Horrox, Jeremias, geb. 1619 zu Taxteth in Lancashire, gest. 1641,

beobachtete zuerst einen Durchgang der Venus vor der Sonnenscheibe am 24. November (a. St.) 1639.

Humboldt, Friedrich Heinrich Alexander, geb. am 14. September 1769 zu Berlin, gest. am 6. Mai 1859 ebenda, einer der vielseitigst gebildeten und edelsten Menschen aller Zeiten, scharfer Denker, zuverlässiger Beobachter und unermüdlicher Beförderer der Wissenschaft und ihrer Vertreter. Er besuchte Anfangs die Universitäten Frankfurt a. O. und Göttingen, dann die Handelsschule zu Hamburg und die Bergakademie Freiberg, ward 1792 Assessor im Preussischen Bergdepartement, dann Oberbergmeister am Fichtelgebirge, nahm 1797 seine Entlassung aus dem Staatsdienste, bereiste darauf zu wissenschaftlichem Zwecke einen Theil von Europa und ging endlich 1799 mit Bonpland nach Amerika, das er in seinen aequatorealen Theilen bis 1804 durchforschte. Diese, auf eigene Kosten unternommene Reise ist bis heute die folgenreichste aller rein wissenschaftlichen Forschungsreisen geblieben; nie hat weder früher noch später ein Reisender so viel wissenschaftliches Material zusammengebracht. Nach seiner Rückkehr Anfangs in Paris lebend, wählte Humboldt seit 1827 Berlin zu seinem dauernden Aufenthalte und machte von dort aus, in Begleitung von Ehrenberg und Rose, im Auftrage der Russischen Regierung eine Reise nach Sibirien. Seit seiner Rückkehr lebte er hauptsächlich nur den Wissenschaften und wurde mit Recht als der geistige Mittelpunkt der heutigen Naturwissenschaften betrachtet. Humboldt's wissenschaftliches Wirken erstreckte sich fast über alle Theile der Naturwissenschaften. Obgleich er eine sehr grosse Menge astronomischer Ortsbestimmungen angestellt, war er doch nicht eigentlicher beobachtender Astronom, übertraf jedoch die meisten gleichzeitig lebenden Astronomen weit durch die Vielseitigkeit seiner Kenntnisse. Sein „Kosmos", obgleich gegenwärtig zum grossen Theile veraltet, wird immer ein Denkmal seines umfassenden Wissens bleiben.

Hundssternperiode, ein Cyklus von 1460 Jahren bei den alten Aegyptern, nach dessen Ablauf der Anfang ihres Jahres (von 365 Tagen) wieder auf denselben Kalendertag zurückkam. Die für Aegypten so überaus wichtigen Nilüberschwemmungen fanden damals um die Zeit des heliakischen Aufganges des Sirius oder Hundssterns statt, beide Erscheinungen durchliefen im Laufe der Jahre alle Kalendertage, (eben weil die Aegypter ein Jahr von 365 Tagen hatten und den fehlenden Vierteltag nicht einschalteten) und kamen erst nach $365\frac{1}{4} \times 4 = 1461$ Jahre auf den anfänglichen Kalendertag wieder zurück.

Hundstage nennt man die Tage vom 23. Juli bis 23. August nach unserem Kalender, und zwar deshalb, weil die Sonne um diese Zeit in der Nähe des Sirius oder Hundssternes steht, und die alten Griechen der Annäherung der Sonne an den Sirius die um diese Zeit stattfindende grösste Hitze im Jahre zuschrieben.

Huyghens, Christian, einer der grössten Naturforscher aller Zeiten, geb. am 14. April 1629 im Haag, gest. am 8. Juni 1695 ebenda; studirte Anfangs in Leyden und Breda Jura, bereiste darauf einen grossen Theil von Europa und liess sich in Paris nieder, wo er Mit-

glied der Akademie wurde; 1681 durch Aufhebung des Edikts von Nantes zur Auswanderung veranlasst, kehrte er in seine Vaterstadt zurück und lebte bis zu seinem Tode dort als Privatmann. Seine ersten Arbeiten bezogen sich auf die Quadratur der Ellipse und Hyperbel; am 25. März 1653 entdeckte er einen Mond des Saturn; im Juni 1657 nahm er ein Patent auf die Pendeluhren, 1659 erkannte er die wahre Gestalt des Saturn als eines von einem freischwebenden Ringe umgebenen Planeten, entdeckte am 1. December desselben Jahres die Rotation des Mars, ohne jedoch seine Entdeckung zu publiciren; ferner fand er die wahre Gestalt der Kettenlinie, entdeckte das Gesetz der Doppelbrechung des Kalkspaths und der Lichtpolarisation durch Refraction, und entwickelte die Grundzüge der Undulationstheorie des Lichtes, sowie der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Hyperbel wird in der Geometrie diejenige krumme Linie genannt, welche entsteht, wenn eine Ebene die Fläche zweier Kegel schneidet. Sie besteht aus zwei ins Unendliche verlaufenden, von einander getrennten symmetrischen Zweigen. Die einander nächsten Punkte dieser Zweige heissen die Scheitel, ihre Verbindungslinie die grosse Axe der Hyperbel, auf deren Verlängerung in den betreffenden Zweigen die Brennpunkte der Hyperbel liegen. Die Differenz der von einem Punkte der Hyperbel nach den beiden Brennpunkten gezogenen graden Linien ist stets der grossen Axe gleich. Charakteristisch für die Hyperbel sind ihre sogenannten Asymptoten, d. h. zwei im Mittelpunkte sich schneidende gerade Linien, welche sich den ins Unendliche verlaufenden Zweigen der Hyperbel immer mehr und mehr nähern, ohne sie je zu erreichen. Man vergl. den Artikel Kegelschnitte.

Nach dem Newton'schen Gravitationsgesetze kann die Bahn gewisser Himmelskörper hyperbolisch sein. Auch hat in der That die Berechnung der Kometenbahnen ergeben, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit folgende 11 Kometen in hyperbolischen Bahnen einhergehen:

1)	Der	Komet		von	1771.	7)	Der	Komet	VI.	von	1847.
2)	„	„		„	1774.	8)	„	„	II.	„	1852.
3)	„	„	II.	„	1806.	9)	„	„	III.	„	1853.
4)	„	„	III.	„	1818.	10)	„	„	IV.	„	1853.
5)	„	„	I.	„	1840.	11)	„	„	VI.	„	1863.
6)	„	„	III.	„	1844.						

Jährliche Geichung des Mondes, s. Gleichung, jährliche.

Jahr bezeichnet die Zeitdauer, innerhalb welcher die Erde einmal ihre Bahn um die Sonne durchläuft, und nach deren Ablauf die gleichen Erscheinungen der Tageslängen, der Jahreszeiten, des Pflanzenwachsthums etc. sich wiederholen. Da die wirkliche Bewegung der Erde sich in der scheinbaren der Sonne abspiegelt und diese dem Beobachter im Allgemeinen nur wahrnehmbar ist, so kann man die Bezeichnung Jahr auch als die Zeitdauer definiren, welche die Sonne gebraucht ihre scheinbare Bahn unter den Sternen zu durchlaufen. Die Zeit, welche verfliesst, bis die Sonne wieder zu demselben Fixsterne zurückkehrt,

ist die wahre Jahresdauer und wird das siderische Jahr genannt; sie bezeichnet die genaue Dauer der Umlaufszeit der Erde um die Sonne. Das siderische Jahr beträgt in Tagen und deren Unterabtheilungen ausgedrückt: 365 Tage 6 St. 9 Min. 10,7496 Sec., und diese Dauer muss nach den bisherigen Beobachtungen und mathematischen Untersuchungen praktisch als für alle Zeiten vollkommen unveränderlich angesehen werden.

Von dem siderischen Jahre verschieden ist das tropische Jahr, oder die Zeit welche verfliesst, bis die Sonne wieder zu demselben Aequinoctialpunkte (s. d.) zurückkehrt. Da die Aequinoctialpunkte ihre Lage am Himmel nicht unverändert behalten, sondern jedes Jahr um 50,2″ zurückweichen, so ist das tropische Jahr um so viel kürzer wie das siderische, als die Sonne gebraucht, um den Bogen von 50,2″ zu durchlaufen. Gegenwärtig (1871) ist seine Länge 365 Tage 5 St. 48 Min. 47,3867 Sec. Die Dauer dieses tropischen Jahres nimmt in jedem Jahrhundert um 0,595 Sec. ab, doch dauert diese Abnahme nicht ununterbrochen fort, sondern wird nach vielen Jahrtausenden wieder in eine Zunahme übergehen. Auch sind die Gränzen dieser Schwankungen sehr enge und überschreiten nicht 19^s in mehr oder weniger als die mittlere Dauer, die im Jahre 2270 stattfindet, und 365 Tage 5 St. 48 Min. 45 Sec. beträgt.

Ausser dem siderischen und tropischen spricht man bisweilen noch von einem anomalistischen Jahre und versteht darunter die Zeit, welche verfliesst, bis die Erde wieder zu dem nämlichen Punkte ihrer elliptischen Bahn zurückkehrt, bis sie wieder dieselbe Anomalie (s. d.) erreicht. Da die Lage der grossen Axe der Erdbahn in Bezug auf die Fixsterne sich ununterbrochen verändert, und zwar jährlich um 11,4″ vorrückt, so ist das anomalistische Jahr um 4^m $37,6^s$ länger als siderische, so dass seine Dauer also 365 Tage 6 St. 13 Min. 48,3 Sec. beträgt.

Da die Sonne, wie bereits die ältesten Völker bemerkten, nach je 12 Mondwechseln ziemlich zu derselben Stellung am Himmel zurückkehrt, so gab dies bei einigen Völkern Veranlassung, 12 synodische Monate (deren jeder die Zwischenzeit von einem Neumonde bis zum andern umfasst) rund für ein Jahr zu nehmen, und dieses führt daher den Namen Mondjahr und seine astronomisch genaue Dauer ist 354 Tage 8 St. 48 Min. 34,8 Sec.

Da die astronomische Jahresdauer nicht mit runden Tagen abschliesst, sondern noch Bruchtheile eines Jahres umfasst, so entsteht für die bürgerliche Jahresrechnung, der es natürlich Hauptzweck sein muss, die einzelnen Stellungen der Sonne stets, Jahr für Jahr, auf dieselben Tage zu fixiren, die Anforderung, solche Einrichtungen zu treffen, dass dies möglich wird, dass also auch die Jahreszeiten stets in dieselben Kalendermonate fallen. Wie dies erreicht worden, s. d. Artikel Kalender.

Jahrbücher, astronomische, s. Ephemeriden.

Jahreszeiten heissen die durch die Stellung der Sonne hervorgerufenen und durch charakteristische Naturerscheinungen ausgezeichneten Unterabtheilungen des Jahres. Wir unterscheiden deren vier: Früh-

Mittlere Monatstemperaturen verschiedener geographischer Breiten.

Namen des Ortes.	Geographische Länge östlich von Greenwich.	Geographische Breite.	Januar.	Februar.	März.	April.	Mai.	Juni.	Juli.	August.	September.	October.	November.	December.	Grösster Unterschied.
Antigua	61° 48′ w.	17° 8′	20,20	19.80	19,84	20,38	21,35	21,53	21,75	22,17	22,00	21,71	22,15	20,93	2,35
Bermudas	64 50 w.	32 20	11,04	11,92	12,16	13,68	16,48	18,32	19,44	19,84	19,92	18,24	15,04	12,72	8,40
Havannah	82 0 w.	23 9	17,50	18,68	18,70	19,83	20,43	21,78	21,98	22,03	21,50	20,82	19,17	18,46	4,53
Mexiko	99 6 w.	19 26	9,11	16,83	12,95	13,77	15,18	14,84	14,82	14,64	14,36	12,54	10,60	8,21	6,27
Falklands Inseln	61 0 w.	52 0 s.	10,66	9,77	8,72	7,40	6,51	5,11	2,40	2,95	6,11	6,89	6,70	7,94	8,26
Dublin	6 11 w.	53 21	2,88	3,98	4,64	6,66	8,98	11,26	12,76	12,74	10,56	8,00	4,93	3,57	9,88
London	0 5 w.	51 30	2,22	3,78	4,44	7,11	10,22	12,89	14,00	14.02	12,00	8,66	6,00	3,78	12,00
Bordeaux	0 35 ö.	44 50	4,0	5,8	8,6	10,7	12,8	15,5	18,3	18,3	15,6	11,6	7,3	5,0	14,3
Paris	2 20 ö.	48 30	1,53	3,35	5,33	7,9	11,59	13,66	14,96	14,82	12,52	9,0	5,41	2,92	13,43
Amsterdam	4 53 ö.	52 23	0,53	2,14	3,88	7,17	10,53	13,56	14,82	14,80	12,72	8,51	4,41	2,17	14,29
Brüssel	4 22 ö.	50 51	1,46	3,27	4,79	6,79	11,14	13,91	14,39	14,41	12,13	8,78	5,22	3,28	12,95
Basel	7 32 ö.	47 34	−0,74	1,10	4,16	7,51	11,46	13,86	15,09	14,72	11,75	8,05	3,07	1,57	15,83
Mailand	9 11 ö.	45 28	0,54	2,80	6,17	10,07	14,26	17,19	19,00	18,48	15,32	11,09	6,70	2,03	18,46
Neapel	14 15 ö.	40 52	6,52	6,82	8,01	10,31	13,85	17,23	19,04	18,58	16,34	13,16	9,68	7,45	12,52
Rom	12 25 ö.	41 54	5,79	6,82	8,74	11,47	14,78	17,38	19,54	19,40	16,92	14,58	9,50	7,02	13,75
Berlin	13 24 ö.	52 30	−1,90	−0,15	2,74	6,88	10,92	13,94	15,04	14,43	11,75	7,97	3,25	1,32	16,94
Danzig	18 41 ö.	54 20	2,02	0,54	1,44	5,07	8,92	12,12	14,04	13,73	10,70	6,69	2,69	0,09	16,06
München	11 36 ö.	48 9	1,07	0,45	4,08	6,63	11,38	13,38	14,55	14,26	11,63	7,65	3,12	1,29	15,62
Wien	16 23 ö.	48 13	1,21	0,68	3,91	8,82	13,40	15,77	17,22	16,87	13,29	8,54	3,71	0,46	18,43
Stockholm	18 4 ö.	59 21	−3,42	−2,37	−1,07	2,12	7,23	11,13	13,98	12,80	9,62	5,42	1,50	−2,15	17,40
Astrachan	48 8 ö.	46 21	−8,60	−4,92	1,70	9,09	16,74	18,32	19,98	20,29	16,14	8,06	3,05	−3,58	28,89
Irkutzk	104 17 ö.	52 17	−12,69	−12,10	−5,31	1,86	7,85	12,66	14,60	12,07	6,89	0,85	−6,71	−13,68	30,29

ling, Sommer, Herbst und Winter, über welche einzeln Genaueres in den betreffenden Artikeln nachzulesen ist. Eine Unterscheidung von vier Jahreszeiten ist übrigens für die heisse Zone nicht durchzuführen. Dort ändert sich im Laufe des ganzen Jahres die Tageslänge, wie die mittlere Tagestemperatur, nur unbedeutend. Um dies zu verdeutlichen, theile ich auf Seite 269 die mittleren monatlichen Temperaturen, für eine geringe Anzahl von Orten unter verschiedenen geographischen Breiten in Graden des achtzigtheiligen Thermometers mit.

Für die Gegenden der heissen Zone kann man eigentlich nur zwei Jahreszeiten, die trockne und die nasse unterscheiden, die man auch sehr uneigentlich bisweilen als Sommer und Winter bezeichnet. Denn die nasse oder Regenzeit fällt gerade mit dem höchsten Stande der Sonne zusammen, wenn dieselbe im Scheitelpunkte des betreffenden Ortes steht. Nach Humboldt's Schilderung des nördlichen Theiles von Südamerika, ist dort vom December bis zum Februar ununterbrochen heiterer Himmel und der Ostnordost weht fortwährend. Im März nimmt die Heiterkeit des Himmels ab, der Passat weht weniger stark, und gegen Ende des Monats leiten einzelne Gewitter mit starken Regengüssen die nasse Jahreszeit allmälig ein. Ende April beginnt dieselbe indess erst vollständig; von 9 Uhr Morgens bis 4 Uhr Nachmittags ist der Himmel grau bedeckt und der Regen fliesst hernieder, seine grösste Heftigkeit um die Mittagszeit erreichend, wenn die Sonne culminirt. Nach und nach wird die Zeit des Tages, innerhalb deren es regnet, immer kürzer, bis es gegen Ende der ersten Jahreszeit nur noch Nachmittags regnet. Genaueres über die Dauer der Regenzeit und die Unterschiede in den einzelnen Regionen der heissen Zone gehört in die Meteorologie.

Ibn-Yunis, berühmter Arabischer Astronom, geb. 979, gest. 1008, ist der Verfasser der Hakemitischen Tafeln.

Ideler, verdienter Mathematiker und astronomischer Rechner, geb. am 21. September 1766 zu Gross-Brese bei Perleberg, gest. am 10. August 1846 zu Berlin, war seit 1794 als königlicher Astronom Berechner des Landeskalenders, seit 1810 Mitglied der Kalenderdeputation, und seit 1821 ordentlicher Professor an der Universität zu Berlin. Ideler hat sich um die wissenschaftliche Chronologie wesentliche Verdienste erworben.

Inclination, s. Neigung.

Indiction, s. Cyklus.

Instrumente, astronomische, s. unter den einzelnen Artikeln, in welchen sie aufgeführt sind, z. B. Fernrohr, Aequatoreal etc.

Jovilabium, eine Vorrichtung, um die Erscheinungen der vier Jupitersmonde zu verdeutlichen. Sie besteht im Wesentlichen aus einer grösseren Kugel, welche den Planeten Jupiter vorstellt, und um welche sich an dünnen Stangen vier kleinere Kugeln in den entsprechenden Abständen herumbewegen lassen.

Irradiation, heisst die scheinbare Vergrösserung hellglänzender Gegenstände über ihre wahren Gränzen hinaus, also gewissermaassen das Ueberfliessen des Lichtes. Man kann die Wirkung der Irradiation

sehr leicht wahrnehmen, wenn man zwei gleich grosse kreisförmige Scheiben, von denen die eine weiss, die andere schwarz ist, in gewisser Entfernung vom Auge anbringt und zwar die weisse auf einem schwarzen, die schwarze auf einem weissen Hintergrunde. Man erblickt alsdann die weisse Scheibe beträchtlich grösser als die schwarze und diese Vergrösserung zeigt sich häufig selbst noch bei Messungen im Fernrohre, obgleich sie natürlich in Wirklichkeit nicht besteht.

Infolge der Irradiation zeigen uns die Fixsterne unregelmässig begränzte Scheiben, während sie in Wirklichkeit wegen ihrer ungeheuren Entfernung uns nur als untheilbare Punkte erscheinen können. Richtet man ein grosses Fernrohr auf einen Fixstern und steigert die Vergrösserung nach und nach, so verkleinert sich der falsche (factice) Durchmesser des Sternes, doch fand W. Herschel noch bei 6500facher Vergrösserung den facticen Durchmesser von Wega in der Leyer zu 0,36″. Die Irradiation vergrössert auch die scheinbaren Planetendurchmesser, vor allem aber den Winkeldurchmesser der Sonne und des Mondes. Der direct gemessene Sonnendurchmesser erscheint stets grösser als der aus der Dauer totaler Sonnenfinsternisse berechnete, und zwar kann die durch die Irradiation bewirkte Vergrösserung auf mehr als 5 Secunden steigen. Nur wenige Fernrohre zeigen keine merkliche Spur von Irradiation, so z. B. nach Bessel das Königsberger Heliometer, als dieser berühmte Astronom den Durchmesser des Merkur bei dessen Vorübergange vor der Sonne 1832 bestimmte. In Folge der Irradiation erscheint dem blossen Auge die leuchtende Mondsichel einem grössern Kreise anzugehören, als die in mattem Lichte schimmernde Nachtseite desselben.

Die physiologische Ursache der Irradation ist wahrscheinlich darin zu suchen, dass der Lichteindruck auf die Sehnerven nicht bloss von den unmittelbar getroffenen empfunden, sondern auch auf die benachbarten übertragen wird.

Juno ist der Name eines der vier zuerst entdeckten Asteroiden, und zwar ward dieser Planet am 1. September 1804 von Harding zu Göttingen im Sternbilde der Fische aufgefunden. Die Bahnelemente dieses Planeten sind nach Hind:

halbe grosse Axe 2,6683 (die mittl. Entfernung der Erde von der Sonne = 1 gesetzt),
Excentricität 0,25993 (der Winkel, dessen Sinus der Excentricität gleich, ist 14° 56′ 47,6″),
siderische Umlaufszeit 1592,1 Tage,
mittlere tägliche tropische Bewegung 814″,05519,
Länge des Perihels 54° 56′ 14″,
Länge des aufsteigenden Knotens 170° 51′ 21″,
Neigung der Bahn gegen die Erdbahn 13° 1′ 26″,
Epoche 1868 Mai 12.

Die mittlere Helligkeit dieses Planeten, wenn er um Mitternacht im Meridian steht, ist 8,5. Schröter hat sich bemüht den wahren Durchmesser der Juno zu bestimmen; mit seinem 13füssigen Spiegelteleskope glaubte er einen scheinbaren Durchmesser von 2,4″ bis 2,6″ im

Herbste 1804 wahrzunehmen, was auf einen wahren von 300 Meilen führen würde. Herschel konnte selbst bei 879facher Vergrösserung nie eine messbare Figur erhalten und hielt sich überzeugt, dass der wahre Durchmesser nicht viel von 30 Meilen verschieden sein könne. Dies stimmt mit gewissen photometrischen Untersuchungen überein, welche für den Durchmesser der Juno etwa 27 Meilen ergeben.

In der Reihenfolge der kleinen Planeten wird Juno durch ③ bezeichnet.

Jupiter, der grösste und massigste unter allen bekannten Planeten im Sonnensysteme, dessen scheinbare Helligkeit bisweilen nur derjenigen der Venus nachsteht.

Die Bahnelemente dieses Planeten für den Anfang des Jahres 1800 sind:

halbe grosse Axe 5,202798 oder 104 Millionen Meilen,
Excentricität 0,048159,
Länge des Perihels 11° 7′ 38″,
Länge des aufsteigenden Knotens 98° 26′ 34″,
Neigung der Bahn 1° 18′ 53″,
mittlere tägliche tropische Bewegung 299,2661″,
Umlaufszeit 11 Jahre 314 Tage 20 Stunden 2 Min. $8\frac{1}{2}$ Sec.

Die scheinbare Bewegung dieses Planeten ist wie bei allen obern Planeten zur Zeit der Opposition rückläufig und diese retrograde Bewegung dauert etwa $3\frac{1}{2}$ Monate, in welcher Zeit der Planet ungefähr 10° zurücklegt. In den Quadraturen zeigt er sich eine Zeit lang stationär.

Der Erde kann sich der Planet nie mehr nähern als bis auf etwa 80 Millionen Meilen, während seine grösste Entfernung von der Erde auf 130 Millionen Meilen steigt.

Jupiter besitzt eine sehr abgeplattete Gestalt, sein scheinbarer Aequatorealdurchmesser beträgt in mittlerer Entfernung von der Erde 38″, der polare 35,8″, die Abplattung daher $\frac{1}{17}$. In Meilen ausgedrückt misst der Aequatorialdurchmesser des Jupiter 19060, der Polardurchmesser 17950. Hiernach ist der Cubikinhalt dieses Planeten 1289mal grösser als derjenige unserer Erde. Die Masse des Jupiters beträgt nach Bessel's genauen Bestimmungen $\frac{1}{1047,879}$ der Erdmasse, daher ist die durchschnittliche Dichte des Planeten $\frac{6}{25}$ von der mittleren Dichte der Erde.

Wenn man den Jupiter mit einem Fernrohre betrachtet, so erblickt man schon bei 30facher Vergrösserung in der Richtung seines Aequators mehrere dunkle Streifen, welche eine grosse Aehnlichkeit mit Wolkenzügen besitzen. Sie reichen nicht ganz bis zu den Rändern des Planeten und verändern, wenn man sie mit guten Fernrohren betrachtet, ihr Ansehen mitunter in kurzer Zeit. Bei starker Vergrösserung sieht man, dass den Hauptstreifen parallel noch mehrere schwächere Streifen sich um die Jupiterskugel ziehen, auch bemerkt man häufig knotenartige Verdichtungen in den breiten Streifen, welche sich von West nach Ost über die Planetenscheibe bewegen. Offenbar

rührt diese Bewegung davon her, dass Jupiter sich in derselben Richtung um seine Axe wälzt, und man hat die Dauer dieser Umwälzung, also die Gesammtdauer von Tag und Nacht auf diesem Planeten zu 9 Stunden 55,2 Minuten bestimmt. Dies ist jedoch nur ein mittleres Resultat; manche der dunklen Flecke bewegen sich schneller, gleichsam als wenn sie durch Stürme fortgetrieben würden. Es scheinen in der That Stürme auf jenem Planeten häufig vorzukommen und zwar deuten die Beobachtungen Schröters an, dass die Geschwindigkeit derselben bisweilen 6 Meilen pro Stunde erreicht; Schmidt in Athen beobachtete sogar im Jahre 1852 eine helle Wolke, welche sich mit einer stündlichen Geschwindigkeit von 28 Meilen fortwälzte. Die Beobachtungen von Beer und Mädler in den Jahren 1834 und 1835 ergaben nur Geschwindigkeiten von 16 bis 21 Meilen pro Tag.

Dass Jupiter eine Atmosphäre hat, folgt nach optischen Gesetzen schon aus dem Umstande, dass sich seine Streifen nicht bis an den Rand der Scheibe verfolgen lassen. Die Existenz der dunklen Flecke beweist dies ebenfalls, gleichgültig, ob man sie als Analoga unserer Wolken ansehen will oder nicht. Die spectroskopischen Untersuchungen Secchi's ergaben im rothen Theile des Spectrums vom Jupiter einen dunklen Streifen, dessen Ursprung der römische Astronom der Absorption des Sonnenlichtes beim Durchgange durch die Jupitersatmosphäre zuschreibt.

Die Fallhöhe der Körper beträgt an dem Aequator des Jupiter in der ersten Secunde 33⅓ pariser Fuss, während sie auf der Erde bloss 15 pariser Fuss beträgt und ein Gegenstand von 1 Pfund Gewicht auf unserer Erde drückt auf dem Planeten Jupiter mit einem Gewichte von 2⅓ Pfund auf seine Unterlage. Die Sonne zeigt sich den etwaigen Bewohnern dieses Planeten als eine Scheibe von ungefähr 6 Minuten Durchmesser, ihre Lichtstärke und soweit dies von dem Abstande abhängt auch ihre Wärmewirkung, ist dort 25mal geringer als auf der Erde. Unser Planet erscheint von dort aus als ein kleiner Stern, der sich stets in der Nähe der Sonne aufhält und von dieser sich höchstens nur 12° östlich oder westlich entfernt, also noch nicht einmal halb so weit als bisweilen Merkur für unsern Anblick. Die Erde ist daher nur höchst selten eine kurze Zeit hindurch am Morgen- oder Abendhimmel vor Aufgang oder nach Untergang der Sonne den etwaigen Bewohnern des Jupiter sichtbar; ja dort könnte sogar die Astronomie bis zu einem gewissen ziemlich hohen Grade der Ausbildung gelangt sein, ohne dass man etwas von der Existenz unserer Erde, geschweige denn der Planeten Mercur und Venus ahnte.

Die Umdrehungsaxe des Jupiter steht fast senkrecht auf der Ebene seiner Bahn, indem sie mit dieser einen Winkel von 86° 54′ macht. Die Sonne weicht daher das ganze Jahr hindurch nur wenig vom Aequator ab und der Wechsel der Jahreszeiten kann also auf diesem Planeten nur gering sein, ebenso wie der Unterschied der Tageslängen. Die Rechnung ergibt, dass auf dem Jupiter unter 60° nördl. oder südl. Breite der Unterschied zwischen dem längsten und kürzesten

Tage noch nicht 36 Minuten beträgt. Jupiter wird von 4 Monden umkreist, worüber das Nähere in dem Artikel Nebenplaneten.

Jupitersmonde s. Nebenplaneten.

Ivory, James, berühmter Mathematiker, geb. 1765 zu Dundee, gest. am 21. Sept. 1842 zu London, studirte Anfangs Theologie, ward dann Lehrer der Mathematik zu Dundee, 1804 Professor am Königl. Militaircollegium zu Marlow und Sandhurst, nahm 1816 seinen Abschied und lebte seitdem als Privatmann in London. Ivory's Arbeiten beziehen sich theils auf die reine Mathematik, theils auf die Mechanik des Himmels.

Kaiser, Frederic, geb. am 10. Juni 1808 zu Amsterdam, ward 1837 Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Leyden, beobachtete besonders Doppelsterne, Kometen und Planeten, und bestimmte die Rotationsdauer und Grösse des Planeten Mars.

Kalender bezeichnet sowohl die (bei verschiedenen Völkern verschiedene) Zeiteintheilung nach Jahren, Monaten und Tagen, als auch das Verzeichniss der einzelnen Tage, wie sie nach einer solchen Zeiteintheilung einem bestimmten Jahre entsprechen.

Das Bedürfniss der Zeitrechnung ist ein sehr altes; in der That musste es sich von dem Augenblicke an aufdrängen, als das Menschengeschlecht, wenigstens in einzelnen Stämmen desselben, sich über die Ansprüche und Bedürfnisse des Tages erhob. Da die Nacheinanderfolge der Tage sich durch Bewegung am Himmel regelt, so erscheint es nicht wunderbar, dass alle Völker, die sich damit befassten, ihre Zeiteintheilung vom Himmel zu entnehmen versuchten. Die verschiedenen, periodisch wiederkehrenden Mondphasen boten zuerst einen Cyclus dar; allein man ging bald dazu über, eine grössere Periode zu umfassen und als Einheit zu betrachten und kam dabei auf das Mondjahr, aus 12 synodischen Mondumläufen bestehend, und auf das Sonnenjahr, d. h. das Zeitintervall zwischen zwei Zurückkünften der Sonne zu demselben Punkte des Himmels. Bei der Schwierigkeit, welche es mit sich bringt, den Ort der Sonne am Himmel mit der hier nothwendigen Genauigkeit zu bestimmen, ist es nicht auffällig, dass die Alten die Jahresdauer nur ziemlich ungenau kennen lernten, und dass als nothwendige Folge dieses Umstandes der Jahresanfang mit der Zeit in alle Jahreszeiten fallen musste. Der Erste, der sich im Alterthume gründlicher mit der Einführung einer genaueren Jahresrechnung beschäftigte, war Julius Cäsar. Die Arbeiten von Sosigenes und M. Flavius, welche er veranlasste, setzten ihn in den Stand, eine einfache Schaltregel aufzustellen, welche darin bestand, alle vier Jahre einen Schalttag zuzusetzen. Die Jahreslänge wurde hierbei zu $365\frac{1}{4}$ Tagen angenommen. Allein, da auch der hier angenommene Werth für die Jahreslänge nur ein annähernder ist, so musste mit der Zeit auch die Zeitrechnung nach dem Julianischen Jahre vom Himmel abweichen. Mehr als anderthalb Tausend Jahre vergingen indess, ehe die immer mehr anwachsende Abweichung beseitigt wurde. Im 15. Jahrhundert machten zuerst Peter von Alliaco und Nicolaus Cusa

eindringlich auf die Verschiebung der Jahrespunkte aufmerksam und riethen, einige Tage aus dem Kalender auszumerzen oder zu überspringen, um wieder Uebereinstimmung mit dem Himmel hervorzurufen und das Frühlings-Aequinoctium zum 21. März zurückzuführen. Im Jahre 1475 berief Papst Sixtus IV. den deutschen Astronomen Joh. Regiomontanus behufs einer Kalenderrevision nach Rom; allein der plötzliche, wie man vermuthet, durch Gift veranlasste Tod dieses berühmten Mannes, brachte die ganze Angelegenheit wieder in's Stocken. Erst Gregor XIII., von dem Wunsche geleitet, sein Pontificat durch etwas Hervorragendes auszuzeichnen und auch durch das immer dringender hervortretende Bedürfniss veranlasst, fasste die Idee wieder auf. Der mit dem Gegenstande sehr vertraute Arzt Alois Lilli aus Verona, wurde mit der Ausarbeitung eines Planes beauftragt, den nach seinem unerwarteten Tode sein Bruder Anton Lilli dem Papste unterbreitete. Gregor legte die Ausarbeitung unter dem Titel: „Compendium novae rationis restituendi calendarium" den gelehrten Corporationen Europa's im Jahre 1577 vor und ernannte bald darauf eine Commission zur definitiven Feststellung des neuen Kalenders. Zu diesem Ausschusse gehörten der Cardinal Sirletti, der Bamberger Jesuit und Mathematiker Christoph Clavius, der Spanier Peter Ciaconius und der Italiener Ignatz Danti.

Es wurden zwei Vorschläge gemacht: entweder mit Rücksicht auf die veränderliche Länge des tropischen Jahres einen Tag dann auszumerzen oder in der Datirung zu überspringen, wenn die Copernikanischen Tafeln, die man damals als die genauesten ansah, ergäben, dass das Jahr seine Grenze um einen Tag überschritten habe, oder aber der Zeitrechnung ein Jahr von mittlerer Dauer zu Grunde zu legen. Man entschied sich für das Letztere und nahm als Jahreslänge denjenigen Werth, den der Aufseher der Synagoge zu Toledo, Rabbi Isaac Aben Sid, in den Alphonsinischen Tafeln angenommen hatte, nämlich:

365 Tage 5 Stunden 49 Minuten 16 Secunden.

Diese Länge wich von der Julianischen um 10 Minuten 40 Secunden ab, ein Unterschied, der sich in einem Zeitraume von 134 Jahren zu einem ganzen Tage anhäufte.

Man kam überein, für die Zukunft das nämliche Verhältniss zwischen der Datirung des Kalenders und dem Himmel festzuhalten, wie es im Jahre 325 n. Chr., zur Zeit des Concils von Nicäa, bestanden hatte. Damals aber fiel die Frühlingsnachtgleiche auf den 21. März, und man beschloss, dass dies fortan und für ewige Zeiten statthaben solle. Um dies zu bewerkstelligen, ward zuerst nothwendig, die Tage, um welche die Angaben des Julianischen Kalenders in dem eben statthabenden Jahre 1582 vom Himmel abwichen, auszumerzen. Gregor verordnete, dass nach dem 4. October jenes Jahres, der ein Donnerstag war, sofort der 15. gezählt werden sollte. Dadurch kam das nächste Frühlings-Aequinoctium (1583) auf den 21. März zurück. Dieser 15. October hätte eigentlich ein Montag sein müssen, doch behielt er seinen Wochennamen und figurirte als Freitag.

Um alle zukünftige Abweichung vom wahren Frühlings-Aequinoctium zu verhindern, handelte es sich jetzt um eine geeignete Einschaltungsmethode. Die gelehrten Corporationen Europa's stimmten fast alle darin überein, dass diese eine cyklische sein, und dass man die Schaltmethode Cäsar's beibehalten solle, dass aber nach gewissen längern Zeitabschnitten, mit Rücksicht auf die neu bestimmte Jahreslänge, ein Tag ausgemerzt werde. Man konnte diesem Zwecke dadurch genügen, dass man im Mittel nach 134 Jahren, vom Jahre 1600 an, einen Schalttag ausfallen liess. Allein dies ward von der Commission nicht beliebt, sondern man entschloss sich, da in 402 Jahren 3 Tage auszuscheiden waren, in runder Zahl alle 400 Jahre diese Ausmerzung vorzunehmen. Nach dieser Anordnung sind nun alle vollen Jahrhunderte, deren beide ersten Ziffern durch 4 ohne Rest theilbar sind, Schaltjahre, die anderen Gemeinjahre; also ist z. B. 2000 ein Schaltjahr, 1900 ein Gemeinjahr u. s. w. Diese Methode der Einschaltung entspricht natürlich nicht ganz genau der oben angegebenen Alphonsinischen Jahreslänge, sondern vielmehr einem Jahre von 365 Tagen 5 Stunden 49 Minuten 12 Secunden. Dies erkannte auch die damalige Commission vollkommen an und bemerkte, dass in Perioden von mehreren Tausend Jahren der Fehler auf einen Tag steigen werde, den man indess dann leicht durch Intercalation verbessern könne.

Um diesen Fehler genau bestimmen zu können und überhaupt im Stande zu sein, eine Jahresrechnung einzuführen, die auch noch in der fernsten Zukunft mit dem Himmel in Uebereinstimmung sich befindet, hat man zunächst zwei Fragen zu beantworten, nämlich:

1) Ist die Jahreslänge für alle Zeiten unveränderlich dieselbe?

2) Welches ist die genaue Dauer des Jahres?

Beide Fragen hat in neuerer Zeit besonders Leverrier ihrer definitiven Lösung näher gebracht. Hiernach ist es jetzt möglich, einen Kalender bis zum 30,000. Jahre unsrer Zeitrechnung einzurichten, ohne dass er mit dem wahren Sonnenlaufe innerhalb dieser Zeitperiode in Incongruenz kommen dürfte. Die mittlere Länge des tropischen Jahres in dieser ganzen Periode ist:

365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 45 Secunden.

Sie kommt mit der wahren überein im Jahre 2270. Die gegenwärtige Länge des tropischen Jahres 1871 beträgt:

365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 47,3867 Secunden. (Vgl. Jahr.)

Der Augenblick der Frühlings-Nachtgleiche wird in jenen entlegenen Jahrtausenden bis zum 19. März zurückweichen und wieder vorrücken.

Wir haben so eben die Gränzen annäherungsweise kennen gelernt, bis zu welchen, nach dem heutigen Zustande der Wissenschaften, die Kalender-Regulirung mit vollkommener Sicherheit ausgedehnt werden kann; betrachten wir nun die Art und Weise, wie man diese Regulirung auszuführen vorgeschlagen hat.

Schon im Jahre 1847 hat Lehmann Folgendes in Vorschlag gebracht. Weil die Gregorianische Einschaltungsmethode schon sehr nahe mit dem wahren Sonnenlaufe zusammentrifft, so würde sie, wenn

sie unverbessert bliebe, im Jahre 30,000 n. Chr. nur gerade ebensoviel und nach derselben Seite hin von der Wahrheit abweichen, wie der Julianische Kalender zur Zeit, als die Gregorianische Verbesserung eingeführt wurde, abwich, nämlich um 10, höchstens 11 Tage. Um nun diesem Uebelstande bei Zeiten zuvorzukommen, braucht man nur aus dem Gregorianischen Kalender im Durchschnitt alle 3000 Jahre einen Schalttag wegzustreichen, also am besten alle 2000 Jahre, mit der Ausnahme, dass der Schalttag alle 6000 Jahre wiederum stehen bleibt, — dass er also bei dem Gregorianischen Kalender überhaupt, in den Jahren 2000, 4000, 8000, 10,000, 14,000, 16,000, 20,000, 22,000, 26,000 und 28,000 weggelassen wird. So wenigstens gibt es die einfachste Rechnung, da die Jahre 3000, 9000, 15,000, 21,000 und 27,000 ohnehin Gemeinjahre sind und daher mit Weglassung eines Tages nur 364 Tage behalten würden.

Diesem Vorschlage ist bezüglich des Jahres 2000 L. Ideler entgegengetreten. Nach seiner Meinung ist es nicht dringend nothwendig, schon im Jahre 2000 eine Aenderung des Gregorianischen Kalenders eintreten zu lassen. „Das Wesentliche bei der Sache ist," sagt Ideler, „dass man die jetzt in den meisten Ländern Europa's glücklicher Weise bestehende Einheit der Zeitrechnung aufrecht erhalte und nicht vor dem Jahre 5000 von der Gregorianischen Schaltregel abweiche. Welche Verwirrung durch eine einseitige Annahme desselben im bürgerlichen Leben, besonders an Orten, wo Bekenner verschiedener Confessionen bei einander wohnen, dadurch entstehen würde, dass man zwei um einen Tag differirende Kalender neben einander gebrauchte, wird man leicht ermessen." Es ist mir nicht sehr wahrscheinlich, dass im Anfange des 21. Jahrhunderts Bekenner verschiedener Confessionen, die an einem und demselben Orte wohnen, noch so bornirt sein werden, aus der Kalender-Regulirung eine religiöse Frage zu machen.

Im Jahre 1864 fasste das freie, deutsche Hochstift in Frankfurt die Frage der Zeitrechnung wieder auf und erliess an die höchsten Behörden der am Weltverkehr theilnehmenden Staaten, so wie an alle Academien und Hochschulen eine desfallsige Zuschrift. Wir messen den Raum, so heisst es dort, mit Hilfe der Zeit und die Zeit mit Hilfe des Raumes. Und je mehr wir die räumliche Trennung überwinden lernen, je allgemeiner und vielfacher der Verkehr in geistiger und sachlicher Mittheilung unter allen Völkern und Ländern der Erde sich steigert, um so dringlicher und bedeutsamer erscheint das Bedürfniss einer allgemeinen, übereinstimmenden und dadurch die genaue Richtigkeit ihrer Grundlage an jedem Orte eine sichere Berechnung und Feststellung zulassenden und für möglichst ferne Zeiten von Fehlern befreiten Zeitrechnung. Um zu einer solchen Zeitrechnung zu gelangen, sind zwei Bedingungen zu erfüllen. Erstens die Feststellung einer Jahresordnung, welche dem gegenwärtigen Stand der Himmelskunde vollkommen angemessen ist und auf möglichst lange Zeit hinaus alle Fehlerquellen im Voraus berücksichtigt. Zweitens eine gemeinsame Verständigung über einen gemeinsamen Zeitpunkt des Anfangs und der Einführung dieser Rechnung. Von den gegenwärtig im

Gebrauche stehenden Jahresordnungen sind nur zwei von grösserer Bedeutung für die den Weltverkehr vermittelnden und ausbreitenden Völker, nämlich die morgenländische und die abendländische. Die erstere, auch die Julianische genannt, nimmt die Länge des Jahres um 11 Minuten $15^4/_{10}$ Secunden, die zweite, auch als die Gregorianische bezeichnet, um $27^4/_{10}$ Secunden zu gross an. Diese Fehlerquelle hat bei der ersteren innerhalb 128 Jahren, bei der zweiten innerhalb 3153 Jahren einen Irrthum und Verlust um einen ganzen Tag zur Folge. Es ist aber nach dem jetzigen Stande der Wissenschaft möglich, eine Jahresordnung aufzustellen, deren Fehlerquelle so gering ist, dass sie erst nach 216 Jahrtausenden einen Irrthum um einen Tag ergeben würde. Beide Zeitrechnungen setzen den Anfang des Jahres freilich auf einen gleichbenannten Tag, den ersten Schneemonat oder Januar fest. Allein beide Neujahrstage fallen keineswegs zusammen, sondern wenn die morgenländische Rechnung ein neues Jahr beginnt, so zählt die abendländische bereits den 12. Schneemonat, und vom Jahre 1900 ab müsste die Abweichung sogar schon 13 Tage betragen. Die morgenländische Zeitrechnung erstreckt sich aus der Mitte Europa's gegen Morgen um die halbe Erde, die abendländische umfasst gegen Abend die andere Erdhälfte. Wie hier an den Gränzen der von Mächten des deutschen Bundes beherrschten und grösstentheils mit deutschen Stämmen bevölkerten Gebiete Ungarns und des ehemaligen Polenreiches, so begegnen und verwirren sich diese beiden Rechnungen auf dem nördlichen Festlande der „Neuen Welt." Während hier inmitten Europa's eine Abgränzung der Tageszahl als eine Unmöglichkeit erscheint, bietet sich in der mit jener Begegnung fast zusammenfallenden Trennung zwischen Asien und Amerika zu einer solchen die bequemste Gelegenheit dar. Jeder Tag sollte mit der Mitternachtsstunde der Kamtschatkischen Küste an der Behringsstrasse beginnen, so dass stets das amerikanische Ufer derselben Meerenge nebst den grossen Eilanden Owaihi und Otahaiti um eine Tageszahl gegen das asiatische Ufer zurückstände. Die Scheidung läuft dann durch den inselärmsten Längenstrich des Stillen Weltmeeres und trifft, wie es scheint, in Wirklichkeit von einem Angelpunkte zum andern auf kein Land.

Angeregt durch das freie deutsche Hochstift haben Mädler und Heis Vorschläge zu einer definitiven Regelung der Kalenderrechnung für alle kommenden Zeiten gemacht.

Mädler geht davon aus, dass das mittlere Jahr genau $365^{31}/_{128}$ Tage betrage, woraus sich ergibt, dass eine Periode von 128 Jahren 97 Gemeinjahre und 31 Schaltjahre haben müsse. Würde also wie bisher, jede durch 4 theilbare Jahreszahl zu einem Schaltjahre gemacht und nach je 128 Jahren ein Schaltjahr weggelassen und statt seiner ein Gemeinjahr gesetzt, so sei allen Forderungen genügt. Da nun der Anfang der 128jährigen Periode willkürlich gesetzt werden könne, so sei es am zweckmässigsten, ihn da zu setzen, wo der Gregorianische Kalender gleichfalls sein Schaltjahr ausfallen lässt, nämlich 1900.

Der Vorschlag des Professor Heis ist ein anderer. Er geht dahin,

die zur Zeit von der astronomischen Commission unter Papst Gregor festgesetzte einfache Schaltmethode beizubehalten, dagegen, um der den Forschungen der Neuzeit entsprechenden Jahreslänge zu genügen, alle 3200 Jahre, vom Jahre 3200 an, statt des Gregorianischen Schaltjahres, ein Gemeinjahr eintreten zu lassen. Es sind demnach:

Gemeinjahre.			Schaltjahre.	Gemeinjahre.
—	—	—	1600 n. Chr.	—
1700	1800	1900	2000	—
2100	2200	2300	2400	
2500	2600	2700	2800	
2900	3000	3100	—	3200
3300	3400	3500	3600	
3700	3800	3900	4000	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
.	.	.	.	
5700	5800	5900	6000	
6100	6200	6300	—	6400
		u. s. w.	u. s. w.	

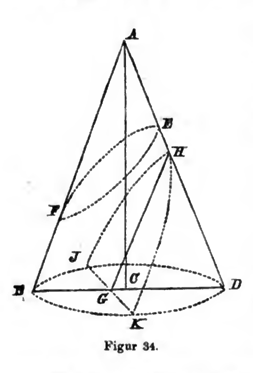
Werden nun in Zukunft die fortgesetzten Forschungen und Rechnungen der Astronomen eine noch grössere Schärfe in den Bestimmungen der mittleren Jahreslänge zulassen, so könnte abermals nach einer Periode von 4mal 32 oder 8mal 32 Jahrhunderten das Jahr um einen Tag corrigirt werden.

Obgleich Mädler's Vorschlag unzweifelhafte Vorzüge besitzt, so scheint doch die von Heis angeregte Methode noch bessere Dienste zu leisten; einestheils weil ihre Abweichung von der Gregorianischen Methode äusserlich ein Minimum ist, dann aber auch hauptsächlich, weil sie in derselben bequemen Weise die zukünftigen genauern Bestimmungen der mittlern Dauer des tropischen Jahres berücksichtigen lehrt.

Katoptrik wird derjenige Theil der Optik genannt, welcher die Lehre von der Zurückwerfung des Lichtes umfasst. Den Alten war dieser Zweig der Wissenschaft so gut wie ganz unbekannt, wenngleich Ptolemäus schon einige Probleme derselben behandelt zu haben scheint. Erst Porta und Kepler brachen die Bahn für diesen Theil der Optik und gegenwärtig ist derselbe zu hoher Vollkommenheit ausgebildet worden. Die Hauptsätze der Katoptrik, welche in der Astronomie Anwendung finden, sehe man in dem Artikel Spiegelteleskope.

Kegelschnitte werden diejenigen krummen Linien genannt, welche beim Durchschnitt eines Kegels mit einer Ebene entstehen. Man unterscheidet vier verschiedene krumme Linien, welche beim Durchschneiden eines Kegels mittels einer Ebene entstehen, nämlich: Kreis, Ellipse, Parabel und Hyperbel. Die Charakterisirung jeder einzelnen dieser Curven findet sich in dem betreffenden Artikel, hier soll nur im Allgemeinen ihre Entstehung demonstrirt werden.

Sei Fig. 34 ABJDK ein Kegel; wird derselbe durch eine Ebene parallel der Grundfläche BJDK geschnitten, so entsteht ein Kreis, dessen Radius um so kleiner ist. je mehr die schneidende Ebene in der Richtung gegen A hin von der Ebene der Grundfläche BJDK entfernt ist.



Figur 34.

Macht die Schnittebene einen Winkel mit der Grundfläche des Kegels und schneidet gleichzeitig die Mantelfläche des letztern in einer geschlossenen Linie ringsum ab, wie bei dem Schnitt FE, so ist die so entstehende Curve eine Ellipse.

Wird dagegen der Kegel durch eine Ebene parallel einer seiner Seiten geschnitten, wie bei dem Schnitte HG, so entsteht eine Parabel.

Ein der Axe AC paralleler Schnitt, überhaupt ein solcher, welcher den über A hinaus verlängerten Kegel (also den aus zwei gleichen Körpern bestehenden Doppelkegel) genugsam verlängert nochmals schneiden würde, liefert endlich die Hyperbel.

Die Kegelschnitte besitzen eine besondere Wichtigkeit für die Astronomie deshalb, weil die höhere Mathematik beweist, dass bei dem stattfindenden Anziehungsgesetze, die Bahnen der die Sonne umkreisenden Weltkörper, Kegelschnitte sein müssen.

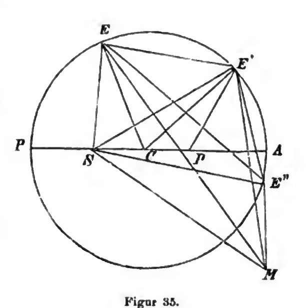
Kepler, Johann, geb. am 27. December 1571 zu Weilderstadt in Württemberg, gest. am 15. November 1630 in Regensburg, einer der speculativsten Denker und scharfsinnigsten Astronomen aller Zeiten. Unter Noth und Drangsalen erzogen, besuchte er anfangs die Klosterschule zu Maulbronn, später die Universität Tübingen, erhielt 1591 den Magistergrad, ging 1593 als Lehrer der Mathematik und Astronomie nach Graz, wo er sich 1597 mit Barbara Müller verheirathete, die Stadt aber bei der Protestantenverfolgung bereits 1598 verlassen musste. Von der zelotisch-theologischen Facultät zu Tübingen abgewiesen, nahm sich Tycho Brahe seiner an und Kepler zog zu ihm nach Prag. Aber schon 1601 starb Tycho und Kepler wurde an seiner Stelle zum kaiserlichen Astronomen ernannt, doch zahlte man ihm in den Wirren des dreissigjährigen Krieges sein Gehalt nicht aus und er versank in bittere Noth. Mitten in solchen Bedrängnissen arbeitete der unerschütterliche Mann rastlos auf dem Felde astronomischer Forschung, entdeckte die drei nach ihm benannten Gesetze der Planetenbewegung und verfasste die Rudolphinischen Planetentafeln. Im Jahre 1613 ging er als Professor der Mathematik an die Universität Linz; von den Zeloten vertrieben und in Italien, wohin man ihn rief, das Loos Giordano Bruno's fürchtend, ging er 1627 nach Prag und trat in die Dienste Wallenstein's. Von diesem, der in ihm einen Astrologen erwartete, als Professor an die Universität Rostock

gesandt, erhielt Kepler auch hier seinen Gehalt nicht ausbezahlt und machte sich daher auf den Weg nach Regensburg, um vom Reichstage die Auszahlung seiner Forderungen zu erwirken. Hier starb er verlassen und einsam, doch sein Name überdauert den Wechsel der Zeiten und Reiche. Ausser seinen astronomischen Entdeckungen gebühren Kepler die grössten Verdienste um die Optik, wie er auch gleichzeitig der Erfinder des nach ihm benannten astronomischen Fernrohres ist. Seine sämmtlichen Werke gibt Chr. Frisch in lateinischer Sprache heraus.

Kepler's Problem wird die von Kepler in seiner Planetentheorie zuerst aufgestellte und gelöste Aufgabe genannt: aus der mittlern Anomalie eines Planeten seine wahre, also aus dem mittlern Orte den wahren zu finden. Das Nähere hierüber sehe man in dem Artikel Anomalie und Gleichung der Bahn.

Kepler'sche Regeln, Kepler'sche Gesetze, nennt man die drei von Kepler auf dem Wege der Empirie aus den Beobachtungen Tycho's gefundenen Gesetze des Planetenlaufs, welche später Newton als nothwendige Folgen aus seinem Gesetze der allgemeinen Anziehung nachwies.

Bis auf Kepler hatte man allgemein angenommen, dass die Planetenbahnen Kreise seien, in deren Mittelpunkt die Sonne nicht stehe und dass innerhalb dieser Kreise sich ein Punkt (Punctum aequans) befinde, von dem aus gesehen, die Bewegung der Planeten gleichförmig erscheine, so dass diese also für den Anblick aus dem Punctum aequans in gleichen Zeiten gleich grosse Kreisbogen zu durchlaufen scheinen. Bezüglich der Erdbahn nahm man an, dass ihr Ausgleichungspunkt mit ihrem Mittelpunkte zusammenfalle, während er bei den übrigen Planetenbahnen jenseits ihres Mittelpunktes auf der der Sonne entgegengesetzten Seite liegen sollte. Es stelle PEA (Fig. 35) eine Planetenbahn, C deren Mittelpunkt vor, so nahm man den Ort der Sonne in S und den des Ausgleichungspunktes in P an und betrachtete PS als Excentricität. Tycho hatte aus der Untersuchung seiner Beobachtungen der Marsbahn gefunden, dass PC und SC nicht an Grösse gleich seien. Kepler vermuthete das Gegentheil und begann die Untersuchungen von Neuem, wobei er sich gleichzeitig über die Excentricität der Erdbahn Klarheit verschaffen wollte. Er benutzte hierzu die Marsbeobachtungen Tycho's und verfuhr dabei in folgender Weise.



Figur 35.

Wenn der Planet Mars, dessen siderische Umlaufszeit 687 Tage beträgt, nach Ablauf dieser Periode beobachtet wird, so zeigt er sich

natürlich jedesmal an demselben Punkte des Himmels, so dass die Projection seines Ortes in der Ekliptik stets auf denselben Punkt M (Fig. 35.) trifft. Nehmen wir nun an, die Erde habe bei der ersten Beobachtung des Mars in E gestanden, bei einer zweiten (also nach 687 Tagen) in E', bei einer dritten in E'', so lässt sich bei geringem Nachdenken einsehen, dass Bogen EE' = Bogen E'E''. Ist nun AP die Absidenlinie der kreisförmig angenommenen Erdbahn, C ihr Mittelpunkt und S der Ort der Sonne, so kennt man die Richtung SM oder die heliocentrische Länge des Mars, ferner die Richtung SE oder die heliocentrische Länge der Sonne bei der ersten, sowie SE', SE'' dieselben Längen bei der zweiten und dritten Beobachtung. Ausserdem kennt man aber auch die Richtungen EM, E'M, E''M, da sie die beobachteten oder geocentrischen Längen des Mars darstellen. Ferner sind bekannt: ∢ESM, ∢E'SM, ∢E''SM, indem sie gleich der heliocentrischen Länge des Mars, weniger der Länge der Erde zu den drei Beobachtungszeiten sind, dann sind noch ∢SEM, ∢SE'M, ∢SE''M gemessen, so dass in den Dreiecken SEM, SE'M, SE''M sämmtliche Winkel bekannt sind, und daher die Längen ES, E'S, E''S leicht berechnet werden können, wenn eine Seite, etwa SM zur Längeneinheit angenommen wird. Jetzt lässt sich aber weiter auch das Dreieck ESE'' berechnen, ebenso Dreieck E'SE'' und Dreieck ESE'', und zuletzt das Dreieck EE'E'', oder vielmehr, da dessen Seiten aus den vorhergehenden Dreiecken bekannt sind, seine Winkel, worauf es hier überhaupt nur ankommt. Nun ist aber nach den Anfangsgründen der Planimetrie

$$\sphericalangle EE''E' = \tfrac{1}{2} \sphericalangle ECE'$$

und daher

$$\sphericalangle E'EC = \sphericalangle EE'C = 90^0 - \tfrac{1}{2} \sphericalangle ECE',$$

da das Dreieck EE'C ein gleichschenkliges ist. Gleichzeitig kennt man aber auch die Seite EC und die Seite ES aus dem Dreiecke ESM. Da ∢CES = ∢SEE' − ∢CEE', so sind in dem Dreiecke CES zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel bekannt, und die dritte Seite SC, um deren Berechnung sich die ganze Sache dreht, kann nun leicht gefunden werden. Als Kepler diese Rechnungen ausführte, fand er, indem er die Linie PC zur Einheit nahm, SC = 0,018. Aber bereits früher hatte Tycho die Länge SP = 0,036; Kepler fand daher leicht CP = SP − SC = 0,036 − 0,018 = 0,018 und erkannte hieraus, dass die Sonne auf der einen Seite um ebenso viel vom Mittelpunkte der Bahn entfernt ist als der Ausgleichungspunkt auf der anderen Seite. Mit diesen Daten an der Hand war Kepler nun im Stande, für jeden Punkt der Erdbahn seine Entfernung von der Sonne S oder den Radius vector zu finden, und er unternahm es nun auch, die Bahn des Mars genauer zu untersuchen. Es ist nun leicht aus der Figur zu entnehmen, dass bei der Kenntniss der relativen Grössen aller Linien innerhalb des Kreises PE'AE'', die Berechnung der Linie SM nicht schwierig sein kann; diese Linie ist aber eben die gesuchte Distanz des Mars von der Sonne oder sein Radius vector. Indess fand

Kepler die Rechnung mit den Beobachtungen nicht in Uebereinstimmung, es ergaben sich bei den Winkeln im Vergleich zur Beobachtung Unterschiede von 8′, die Kepler mit Recht für zu bedeutend hielt, um blossen Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden zu können. Um sich in dieser Sache Klarheit zu verschaffen, berechnete nun Kepler nach seiner bisherigen Theorie drei Abstände des Mars von der Sonne, den einen für einen Ort des Planeten in seiner Bahn nahe beim Perihel, die beiden andern ungefähr 90° von diesem Punkte entfernt. Dieselben Distanzen berechnete er aber auch aus Beobachtungen, indem er den Erdbahnhalbmesser zur Einheit nahm. Aus der Vergleichung beider Resultate zog er den Schluss, dass die Bahn des Mars kein Kreis, sondern eine Curve von ungleichen Hauptdurchmessern sei, und dass der grössere Durchmesser die Absidenlinie darstelle. Nach einigen Versuchen kam Kepler auf den Gedanken, dass diese Curve wohl eine Ellipse sein könnte. Er fand aus Tycho's Beobachtungen, dass der Unterschied in der Länge der beiden Radienvectoren des Mars im Perihel und Aphel 0,2828 betrage, dessen Hälfte, 0,1414, demnach die Excentricität der Marsbahn sein würde. Die genauere Rechnung unter Zugrundelegung einer Ellipse mit dieser Excentricität ergab eine befriedigende Uebereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungen des Mars, und nachdem Kepler mit gleich gutem Erfolge auch noch für andere Planeten eine ähnliche Untersuchung ausgeführt hatte, war das erste Kepler'sche Gesetz gefunden:

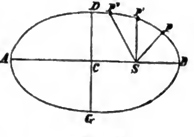


Fig. 36.

Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht.

Die weitere Untersuchung der Bewegung des Mars in seiner elliptischen Bahn liess Kepler nach mannichfachen Versuchen auch das Gesetz, nach welchem sich die in Wirklichkeit ungleichförmig stattfindende Bewegung der Planeten ändert, erkennen. Es führt den Namen das zweite Kepler'sche Gesetz und lautet:

In gleichen Zeiten beschreibt der Radius vector eines Planeten gleiche Sectoren.

Bezeichnet daher in obenstehender Fig. 36. ADBG die elliptische Bahn eines Planeten, der sich von B über pp′p″ fortbewegt, und zwar so, dass er in gleicher Zeit von B nach p, und von p nach p′ und von p′ nach p″ gelangt, so sind alsdann die Flächenräume oder elliptischen Sectoren pSB, pSp′, p′Sp″ einander an Grösse gleich, während natürlich die zurückgelegten Bogen Bp, pp′, p′pp″ immer kleiner werden. Genaueres hierüber s. Anomalie.

Die beiden ersten Kepler'schen Gesetze entdeckte dieser speculative Astronom vor 1609, indem in diesem Jahre zu Heidelberg das Werk erschien, welches sie enthält: „Astronomia nova seu physica

coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis, ex observationibus Tychonis Brahe."

Das dritte Gesetz fand Kepler erst 9 Jahre später, am 15. Mai 1618, nachdem er sich schon seit 1596 mit den seltsamsten Ideen und Versuchen herumgetragen hatte, in den Abständen und den Umlaufszeiten der Planeten eine harmonische Ordnung zu finden. Am 8. März 1618 verglich er die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten mit den Kubikzahlen ihrer mittleren Distanzen von der Sonne, doch gelangte er zu keinem befriedigenden Ergebnisse; am 15. Mai kam er indess wieder auf diese Rechnung zurück, entdeckte einen früher begangenen Fehler und fand nun in schönster Uebereinstimmung das dritte Kepler'sche Gesetz:

Die Quadrate der siderischen Umlaufszeiten der Planeten verhalten sich wie die Würfel ihrer halben grossen Axen.

Dieses Gesetz, der mathematische Ausdruck des Bandes, welches die Planetenbewegungen mit einander verknüpft, bietet das sicherste Mittel, um aus den leicht zu beobachtenden Umlaufszeiten die schwieriger zu bestimmenden mittleren Abstände des Planeten zu berechnen. Bezeichnen t und T die Umlaufszeiten, r und R die mittlern Abstände zweier Planeten, so hat man die Proportion:

$$t^2 : T^2 = r^3 : R^3,$$

also auch

$$R^3 \cdot t^2 = r^3 \cdot T^2,$$

und

$$R^3 = r^3 \cdot \frac{T^2}{t^2}, \text{ also } R = r \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

Wenn daher r, T und t bekannt sind, so findet sich R ohne Schwierigkeit.

Meist nimmt man in der Astronomie die mittlere Entfernung eines Planeten, und zwar der Erde, zur Einheit an; ist daher $r = 1$, so ergiebt sich

$$R = \left(\frac{T}{t}\right)^{2/3}$$

Beispielsweise beträgt die siderische Umlaufszeit des Jupiter 4332,585 Tage, jene der Erde 365,256 Tage, daher

$$R = \left(\frac{4332{,}585}{365{,}256}\right)^{2/3} = 5{,}2028,$$

wobei demnach die mittlere Entfernung der Erde $= 1$, gesetzt ist. Wünscht man die Distanzen in Meilen zu haben, so braucht man nur den Werth von R mit der mittleren Entfernung der Erde von der Sonne in Meilen ausgedrückt (sehr nahe 20,000,000 Meilen) zu multipliciren. In dem angeführten Beispiele findet man als mittlere Entfernung des Jupiter von der Sonne 104 Millionen Meilen.

Durch die Entdeckung der drei Kepler'schen Gesetze hat die ganze Astronomie eine völlig veränderte Gestalt angenommen; sie waren gewissermaassen die Vorläufer des Gravitationsgesetzes, wenngleich sie freilich nur Consequenzen dieses letzteren sind.

Kernschatten nennt man den Raum hinter einem undurchsichtigen, beleuchteten Körper, in welchen kein Theil directen Lichtes eindringen kann. In der Astronomie hat man es nur mit den Kernschatten der Planeten und einzelner Monde derselben zu thun. Da diese alle kugelförmig sind und von der grössern Sonne erleuchtet werden, so hat der Kernschatten hier stets die Form eines Kegels.

Es sei Fig. 37. acb die Sonne, dc'e ein Planet, so ist dge ein Durchschnitt des Kernschattens, welchen dieser letztere hinter sich wirft.

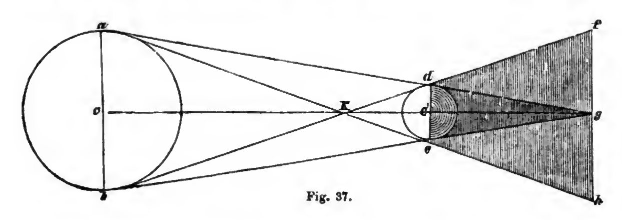


Fig. 37.

Bezeichnet D den Abstand des Planeten von der Sonne, r den Halbmesser der Sonne, r' den Halbmesser des Planeten, so findet sich die Länge c'g des Kernschattens

$$c'g = \frac{D \cdot r'}{r - r'}$$

Für die Erde ist D = 20,000,000, r' = 860, r = 92,600 Meilen, daher

$$c'g = \frac{20,000,000 \times 860}{91,740} = 187,000 \text{ Meilen.}$$

Vergl. Finsternisse und Halbschatten.

Kessels, Heinrich Johannes, geb. am 15. Mai 1781 zu Mastricht, gest. am 15. Juli 1849 zu Claversen bei Bristol, berühmter Verfertiger astronomischer Uhren (einst in Altona wohnend), dessen Instrumenten noch jetzt das höchste Lob gezollt wird.

Kirch, Gottfried, geb. am 18. December 1639 zu Guben, gest. am 25. Juli 1710 zu Berlin, von Hevel zum Astronomen gebildet, lebte er bis 1700 hauptsächlich vom Kalenderverfertigen, bis er in jenem Jahre als Astronom an die in Berlin zu erbauende Sternwarte berufen wurde. Er entdeckte den Kometen von 1718. Seine zweite Frau, Maria Margaretha (geb. 1670, gest. 1720), berechnete nach dem Tode ihres Mannes noch die Kalender für verschiedene Städte.

Kirchhoff, Gustav Robert, berühmter Physiker, geb. am 12. März 1824 zu Königsberg, habilitirte sich an der Universität zu Berlin, wurde 1850 ausserordentlicher Professor an der Universität zu Breslau und 1854 ordentlicher Professor der Physik an der Universität zu Heidelberg.

Kirchhoff's Arbeiten umfassen beinahe das ganze Gebiet der

Physik; den grössten Ruhm erwarb er im Verein mit Bunsen durch die von beiden geschaffene Spectralanalyse (s. d.).

Kleomedes, Griechischer Philosoph, um den Anfang unserer Zeitrechnung lebend, ist der Entdecker der astronomischen Refraction.

Klima bezeichnet die Gesammtheit der meteorologischen Zustände eines Ortes oder einer Gegend der Erdoberfläche. Die alten Geographen verstanden indess darunter die Neigung der Erdoberfläche gegen die Sonne und theilten die Erdoberfläche bis 66° 32′ in 24 Klimate, d. h. in solche Zonen, in welchen der längste Tag im Vergleich zur vorhergehenden um 30 Minuten wächst. Diese Eintheilung hat übrigens heute keine Bedeutung mehr.

Klinkenberg, Dirk, geb. am 15. November 1709 zu Harlem, gest. am 3. Mai 1799 im Haag, nachdem er länger als 40 Jahre Secretär der Holländischen Regierung gewesen, entdeckte die Kometen von 1743, 1744 und 1748 und schrieb verschiedene astronomische Abhandlungen.

Klinkerfues, Ernst Friedrich Wilhelm, geb. am 29. März 1827 zu Hofgeismar in Hessen, war erst Assistent, dann Observator und wurde zuletzt Director der Sternwarte zu Göttingen und Professor der Astronomie daselbst. Er entdeckte die Kometen III. 1853, III. 1854, IV. 1854, III. 1857, V. 1857 und II. 1863, und lieferte wichtige Untersuchungen über die Bahnbestimmung von Planeten und Kometen.

Knoten nennt man die Durchschnittspunkte der Bahnen der einzelnen Körper unseres Sonnensystems mit der Erdbahn oder der Ebene der Ekliptik. Derjenige Durchschnittspunkt, in welchem sich der Planet nördlich über die Ekliptik zu erheben beginnt, wird der aufsteigende (durch ☊ bezeichnet), der andere der niedersteigende Knoten (durch ☋ bezeichnet) genannt. Die Verbindungslinie beider Knoten heisst Knotenlinie. Die Knotenlinien der Planeten verändern langsam ihre Lage am Himmelsgewölbe; ungleich rascher ist die Veränderung in der Lage der Knoten der Mondbahn, indem diese retrograde in $18^3/_5$ Jahren einmal den ganzen Himmel umwandern. Die Ursache dieser Bewegungen ist in der gegenseitigen Einwirkung der Planeten auf einander und der Sonne auf die Mondbahn zu suchen, worüber Näheres in dem Artikel Störungen.

Bei den Doppelsternbahnen wird der Knoten (und Neigung) nicht auf die Ekliptik bezogen, sondern auf diejenige Ebene, welche das Himmelsgewölbe in dem Punkte, welche der Hauptstern einnimmt, berührt.

Knotenlinie, s. Knoten.

Koch, Julius August, geb. am 15. Juni 1752 zu Osnabrück, gest. am 21. Oktober 1817 zu Danzig, woselbst er als praktischer Arzt lebte, beschäftigte sich viel mit astronomischen Beobachtungen und entdeckte den Veränderlichen R im Löwen.

Koluren werden die beiden durch die Weltpole gehenden grössten Kreise (Meridiane) genannt, von denen der eine durch die beiden Aequinoctial-, der andere durch die beiden Solstitialpunkte geht. Ersterer heisst Kolur der Nachtgleichen, letzterer Kolur der Sonnenwenden. Woher das Wort „Kolur" stammt, weiss man nicht.

Komet nennt man ein Gestirn, welches mit Nebelhülle und meist auch mit einem Schweife versehen, von Zeit zu Zeit, meist ganz unerwartet, am Nachthimmel auftritt, um nach kurzer Sichtbarkeit wieder zu verschwinden.

Die Alten hielten die Kometen nicht für Weltkörper, sondern mehr für vorübergehende Meteore in unserer Atmosphäre, und diese Ansicht war selbst bei Kepler noch die vorherrschende. Tycho Brahe wies aus seinen Messungen nach, dass die Kometen weiter als der Mond von der Erde entfernt ständen, und Dörfel kam 1680 auf die richtige Ansicht von den Bahnen, welche diese Gestirne beschreiben.

Im Allgemeinen bewegen sich die Kometen in solchen Bahnen, deren Theile in der Nähe der Sonne, eine so grosse Aehnlichkeit mit dem Bogen einer Parabel haben, dass man die Bahn ohne merklichen Fehler als Parabel ansehen kann. Nur bei wenigen Kometen, den sogenannten periodischen, haben die Beobachtungen eine elliptische Bahn von sehr grosser Excentricität ergeben. In ein paar Fällen endlich hat die Berechnung auf eine Hyperbel (s. d.) geführt, in welcher also, ebenso wie in der Parabel eine Rückkehr in unsern Gesichtskreis unmöglich ist.

Nur in wenigen Fällen reichen die Beobachtungen bei einer Erscheinung aus, um statt parabolischer, elliptische Elemente eines Kometen erkennen zu lassen. In den meisten Fällen muss die Bestimmung der Umlaufszeit der glücklichen Rückkehr des Haarsterns und die Erkennung seiner Identität der Aehnlichkeit der Bahnelemente in zwei Erscheinungen anheimgestellt werden. Diese allgemeine Aehnlichkeit der Bahnelemente mehrerer Kometenerscheinungen hat zuerst Edmund Halley die Kometen von 1682, 1607 und 1531 als Wiedererscheinungen eines und desselben Gestirns von etwa 75 Jahren Umlaufszeit erkennen lassen. Dieser Komet führt heute den Namen Halley'scher Komet, und um eine allgemeine Vorstellung zu geben, wie sich diese Aehnlichkeit der Elemente bei den verschiedenen Erscheinungen eines Kometen gestaltet, will ich hier die Elemente des Halley'schen Kometen bei seinen Erscheinungen seit den ältesten Zeiten der Geschichte mittheilen.

Bahnelemente des Halley'schen Kometen.

Durchgang durch das Perihel nach mittlerer Pariser Zeit.	Länge des Perihels.	Länge des aufsteigenden Knotens.	Neigung der Bahn gegen die Ekliptik.	Periheldistanz.	Halbe grosse Axe.	Excentricität.	Umlaufszeit in Jahren.
1378 Novbr. 8. 18ʰ a. St.	299° 31′	47° 17′	17° 56′	0,5835	—	—	—
1456 Juni 8. 22 „ „	301 0	48 30	17 56	0,5855	—	—	—
1531 August 25. 19 „ „	301 12	45 30	17 0	0,5799	17,75	0,9674	75,0
1607 Octbr. 26. 17 n. „	301 38	48 40	17 12	0,5880	—	—	—
1682 Sptbr. 14. 19 „ „	301 56	51 11	17 45	0,5829	18,17	0,9679	77,5
1759 März 12. 13 „ „	303 10	53 50	17 37	0,5845	18,09	0,9677	76,9
1835 Novbr. 15. 23 „ „	304 31	55 10	17 45	0,5866	17,99	0,9674	76,3

Bewegung: retograde.

Die mittlere Dauer der Umlaufszeit während der sechs letzten Wiederkünfte zur Sonne ergiebt sich zu $76\frac{1}{6}$ Jahren. Die nächste Zurückkunft dieses Kometen wird nach der Berechnung von Pontécoulant stattfinden im Jahre 1910, und der Komet wird am 17. Mai jenes Jahres, fast genau um die Zeit des Pariser Mittags, seine Sonnennähe erreichen. Ein Theil der gegenwärtigen Leser dieses Buches wird also den Kometen noch sehen.

Ausser dem Halley'schen Kometen kennt man noch acht andere Kometen, welche der Berechnung zufolge zurückgekehrt sind, deren elliptische Bahnform also sicher ist. Die nachstehende Tafel enthält die Elemente dieser Kometen in ihrer letzten Wiederkehr. Die Kometen tragen die Benennung derjenigen Astronomen, welche ihre elliptische Bahnform zuerst erkannten.

Name des Kometen.	Jahr der Entdeckung.	Name des Entdeckers.	Bemerkung.
1. Encke's Komet	1786 Januar 17.	Méchain	1805 erst als periodisch erkannt.
2. Biela's „	1826 Febr. 27.	v. Biela	1772 von Montagne zuerst gesehen.
3. Faye-Möller's „	1843 Nvbr. 22.	Faye	
4. de Vico's „	1844 Aug. 22.	de Vico	identisch mit dem Kometen von 1678.
5. Brorsen's „	1846 Febr. 26.	Brorsen	
6. d'Arrest's „	1851 Juni 27.	d'Arrest	
7. Bruhn's „	1858 Januar 4.	Tuttle	1790 zuerst gesehen.
8. Winnecke's „	1858 März 8.	Winnecke	1819 zuerst gesehen.

Nummer d. Kometen.	Durchgang durch das Perihel. Mittlere Pariser Zeit.	Länge des Perihels.	Lage des aufsteigenden Knotens.	Neigung der Bahn.	Periheldistanz.	Halbe grosse Axe.	Excentricität.	Umlaufszeit in Jahren.	Bewegung.
1.	1868 Septbr. 14. 16h 23m	158° 11′	334° 32′	13° 7′	0,3340	2,21	0,8492	3,29	D
2.	1852 „ 23. 17 37	109 8	245 51	12 33	0,8606	3.53	0,7559	6,62	D
3.	1866 Febr. 14. 0 39	49 58	209 43	10 22	1,6822	3,80	0,5576	7,41	D
4.	1844 Septbr. 2. 11 38	342 31	63 50	2 55	1,1864	3,10	0,6174	5,46	D
5.	1868 April 17. 9 48	116 0	101 12	29 23	0,5967	3,11	0,8081	5,48	D
6.	1870 Septbr. 22. 15 18	318 41	146 26	15 39	1,2803	3,51	0,6351	6,57	D
7.	1858 Febr. 23. 12 44	115 52	269 3	54 24	1,0255	5,73	0,8209	13,7	D
8.	1869 Juni 29. 23 32	275 55	113 33	10 48	0,7875	3,15	0,7500	5,59	D

Da die Kometen sich im Allgemeinen in allen möglichen Richtungen durch den Weltraum bewegen, so ist die übereinstimmende directe Bewegungsrichtung bei den vorstehenden 8 Kometen mit kurzer, planetarischer Umlaufszeit und von denen nur Einer um ein Geringes über die Bahn des Saturn hinausgeht, merkwürdig. Auf einige individuelle Eigenthümlichkeiten einzelner dieser Kometen wird unten zurückgegriffen.

Die äussere Erscheinung eines Kometen, wie sie sich dem blossen Auge darbietet, kennt Jedermann, denn es möchte kaum einen Menschen geben, der nicht von Zeit zu Zeit, wenn ein Komet unter den Sternen auftauchte, seine Blicke zum nächtlichen Himmelsgrunde emporgerichtet und den fremden Gast betrachtet hätte. Aber der Schweif, der dem gewöhnlichen Manne am meisten in die Augen fällt, fehlt manchen Kometen gänzlich, und hiernach unterscheidet man geschweifte und ungeschweifte Kometen. Letztere sind im Allgemeinen für das blosse Auge nie, oder doch nur höchst selten sichtbar. Manche Kometen zeigen die eigenthümliche Erscheinung mehrerer Schweife. Ein im Jahre 1823 sichtbar gewordener Komet besass zwei Schweife, von welchen der eine nach der Sonne hin gerichtet, der andere derselben entgegengesetzt war. Dieser letztere war der grössere, auch löste sich der andere Anfangs Februar auf oder war doch wenigstens durch die lichtstärksten Fernröhre nicht mehr aufzufinden. Nach der Ansicht vieler Astronomen bestehen die Kometenschweife aus der Dunstmasse, welche sich unter Einwirkung der Sonne aus dem Kopfe des Kometen entwickelt. Der Halley'sche Komet gewährte bei seiner Wiederkehr im Jahre 1835 das Ansehen einer brennenden Rakete, deren Schweif durch Zugwind seitwärts abgelenkt wird.

Ein am 9. December 1743 von Klinkenberg entdeckter Komet zeigte nicht weniger als sechs flammenartig geschwungene Schweife, welche auf der, der Sonne entgegengesetzten Seite den sechsten Theil eines Kreisbogens einnahmen. In den Annalen der Chinesen heisst es von einem Kometen, der im Jahre 837 erschien. Am Tage J-tscheu (nach unserer Bezeichnung: am 10. April 837) war der Komet 50° lang; sein Ende theilte sich in zwei Arme. Der eine war nach der Station Ti (im Sternbilde der Waage) gerichtet, der andere bedeckte die Station Tang (im Bilde des Skorpions). Am Tage Ping-yn (dem 11. April) war er 60° lang und zeigte keine Gablung mehr. Er war gegen Norden gerichtet und stand im siebenten Grade der Station Kang (in der Constellation der Jungfrau).

Die scheinbare Länge, welche die Kometenschweife dem beobachtenden Auge zeigen, hängt, abgesehen von den physikalischen Bedingungen, welche ihre wahre Grösse und deren Veränderungen hervorbringen und über welche wir zur Zeit noch wenig oder nichts wissen, von ihrer Lage und Entfernung von der Erde ab. Der Schweif des Kometen von 1680 überspannte das halbe Himmelsgewölbe, und die Astronomen haben berechnet, dass seine Länge im Raume 20 Millionen Meilen betrug, was der Entfernung der Erde von unserer Sonne gleichkommt. Der Schweif des von Messier am 8. August 1769 entdeckten grossen Kometen erschien dem Auge noch länger; am 11. September sah ihn La Nux bei dem heitern Himmel der Insel Burbon einen Winkel von 98° umspannen, und Pingré und Fleurieu bemerkten, wie sich derselbe von Zeit zu Zeit innerhalb weniger Secunden um mehrere Grade ausdehnte und wieder zusammenzog. Obgleich aber die scheinbare Grösse des Schweifes dieses Kometen jene desjenigen von 1680 noch übertraf, war die wahre Länge desselben doch bedeutend geringer; sie

betrug nur 8 Millionen Meilen. Wahrscheinlich nimmt die Ausdehnung der Kometschweife mit der Annäherung an die Sonne zu. Die Schweife sind nicht gasförmiger Natur; denn jedes Gas lenkt den hindurchgehenden Lichtstrahl von der geraden Linie ab, während die Astronomen Bessel und Struve sich durch die genauesten Messungen überzeugten, dass kleine Sterne, welche durch einen Kometenschweif hindurchschimmerten, keine scheinbare Ablenkung von ihrem Orte am Himmelsgewölbe zeigten. Auch wird die Helligkeit solcher Sterne nicht sonderlich abgeschwächt, wenn ein Kometenschweif zwischen sie und das Auge des Beobachters tritt. Bei dem grossen Kometen des Jahres 1861 sah ich in der Nacht des 5. zum 6. Juli, wie eine Anzahl kleiner Sterne, von der 5. Grössenklasse an, welche im Schweife des Kometen standen, durchaus keine Schwächung ihres Lichtes zeigten, aber von Zeit zu Zeit ziemlich stark funkelten, während die umstehenden Sterne kein solches Aufblitzen zeigten. Solche und ähnliche Wahrnehmungen führen zur Vermuthung, dass die Kometenschweife aus staubartigen, in grössern Zwischenräumen von einander schwebenden Theilen bestehen. Wie dem auch sei, so erscheinen die Kometenschweife fast nie seitwärts scharf gegen den Himmelsraum abgegrenzt. Die mitunter ziemlich scharfe Begrenzung, welche das blosse Auge wahrzunehmen glaubt, verschwindet im Fernrohre zum grössten Theile; bisweilen, wie bei dem grossen Kometen vom Jahre 1861, zeigt sich die eine Seite schärfer abgegrenzt wie die andere. Niemals aber zeigt der Schweif nach dem äussersten Ende zu eine bestimmte Abgrenzung; die Ausdehnung, in welcher derselbe sichtbar ist, hängt vielmehr lediglich von der Heiterkeit des Himmels ab. So sah z. B. Coeurdoux in Pondichery den Schweif des Halley'schen Kometen am 30. April 1758 in einer Ausdehnung von 10 Grad, während aus den Beobachtungen von La Nux auf der Insel Burbon für jenen Tag eine Länge von etwa 30 Grad folgt.

Der wichtigste, wenngleich nicht am meisten in die Augen fallende Theil der Kometen ist der Kopf, von ihm geht der Schweif aus. Derselbe bildet eine mehr oder minder verwaschene, gegen die Ränder hin schlecht begrenzte Dunstmasse, welche bei vielen, besonders den grössern Kometen, gegen den Mittelpunkt schnell an Lichtstärke zunimmt und den sogenannten Kern des Kometen bildet. Dieser zeigt daher nie oder doch nur in äusserst seltenen Fällen eine scharf begrenzte Scheibe, wie dies z. B. die Planeten im Fernrohre zeigen. Herschel hatte nur zweimal Gelegenheit, einen Kometen scheibenartig scharf begrenzt zu sehen. Das erste Mal bei dem grossen, am 9. September 1807 von den Augustinermönchen zu Castro Giovanni entdeckten Kometen; die Rechnung ergab für den wahren Durchmesser eine Grösse von nur 134 Meilen; bei dem prachtvollen Kometen vom Jahre 1811 betrug der Durchmesser des Kerns nur 107 Meilen. Ein Komet des Jahres 1798 besass einen Kern von nur 5 Meilen Durchmesser; auch der grosse Komet von 1862 kann nach Winnecke's Untersuchung am 14. August nur einen Kern von höchstens 150,000 Fuss Durchmesser besessen haben. Der bei weitem dichteste Theil der

Kometen ist also im Vergleich zu der Grösse dieser Weltkörper überhaupt verschwindend klein.

Die parabolisch geformte Nebelmasse, welche den Kern umgiebt, bietet für unsern Anblick die seltsamsten Veränderungen dar. Sie umgiebt den Kern in concentrischen Schalen oder Hüllen, welche an Lichtstärke sehr verschieden sind; auf hellere Zonen folgen dunklere, ähnlich mehr oder minder dichten Wolkenschichten. Schon Heinsius bemerkte die Gestaltungsprozesse, welche bisweilen in diesen Nebelhüllen, oft in überraschend kurzen Zeiträumen, vor sich gehen. Bei dem prachtvollen Klinkenberg'schen Kometen des Jahres 1744 sah der angeführte Beobachter, wie sich auf der, der Sonne zugewendeten Seite der Nebelhülle, vom Kerne ausgehend, zwei flammen- oder fächerartige Lichtanhäufungen zeigten, welche mit ihren obern Spitzen gegen den Schweif zurückgekrümmt erschienen, so dass dieser gleichsam durch diese flammenartigen Ausströmungen gebildet wurde. Die Flammenbüschel wechselten in auffallender Weise ihre Gestalt und Lage. So weit war die Kenntniss, welche die Astronomen von dieser wichtigen Erscheinung besassen, gediehen, als Bessel im Jahre 1835 ähnliche Erscheinungen an dem Halley'schen Kometen bemerkte. In der Nacht des 2. October sah dieser grosse Astronom, wie von dem etwa 30 Meilen im Durchmesser haltenden Kerne eine fächerartige Lichtausströmung in der Richtung gegen die Sonne zu statt hatte. Bessel schätzte ihre wahre Ausdehnung auf etwa 600 Meilen. Diese Ausströmung zeigte sich ebenfalls am 8. October, jedoch war ihre Lage nicht mehr die frühere, sie war mehr seitwärts gerückt. Dem Scharfsinne Bessel's entging es nicht, dass er bei den folgenden Beobachtungen sein vorzugsweises Augenmerk auf die Lage jener Lichtausströmung richten müsse. Am 12. October verfolgte der Königsberger Astronom jenen Lichtbüschel von Abends 6 Uhr bis um 2 Uhr des andern Morgens und sah deutlich, wie derselbe seine Lage fortwährend änderte. Bessel vergleicht diese örtlichen Veränderungen mit den Schwingungen eines Pendels; bald oscillirte der Lichtsektor nach dieser, bald nach jener Seite und die Dauer dieser Schwingungen beträgt nach Bessel's Beobachtungen und Rechnungen 2 Tage 9 Stunden, während der Schwingungsbogen den dritten Theil des Kreisumfangs umfasst. Auch Arago in Paris sah den hellen Sektor und berichtete darüber in der Sitzung der Academie der Wissenschaften vom 19. October in folgender Weise:

Als am Donnerstag den 15. October gegen 7 Uhr Abends Arago das grosse Fernrohr der Sternwarte auf den Kopf des Kometen richtete, bemerkte er an ihm etwas südlich von dem, dem Schweife gegenüberliegenden Punkte einen von zwei nach dem Mittelpunkte gerichteten Linien eingeschlossenen Theil der Nebelhülle (einen Sektor), dessen Licht merklich die Helligkeit der ganzen übrigen Nebelhülle übertraf. Am folgenden Tage fand man nach dem Untergange der Sonne von dem hellen Sektor an der Stelle, wo sich derselbe am Donnerstag gezeigt hatte, keine Spur mehr; dahingegen erschien nunmehr nördlich von dem der Axe des Schweifes diametral gegenüber liegenden Punkte, ein neuer Sektor. Dieser schien sogleich wegen seiner ungemeinen

Helligkeit, wegen der vollkommenen Schärfe der beiden Linien, welche ihn seitlich begrenzten und wegen seiner Ausdehnung gegen die äussere Begrenzung zu, welche sicherlich den vierten Theil des Kreisbogens überspannte, neu genannt werden zu müssen. Samstags wurde zur gleichen Stunde die Beobachtung wiederholt. Der Sektor existirte noch; seine Form und Richtung schien nicht merklich verändert, aber das Licht war schwächer, als der Zustand der Atmosphäre erwarten liess. Der bedeckte Himmel verhinderte die Beobachtungen bis zum 21. October. An diesem Tage bemerkte man um $6^3/_4$ Uhr drei verschiedene Sektoren. Der schwächste und schmalste lag in der Verlängerung des Schweifes. Am 23. October war von den Sektoren keine Spur mehr zu sehen. Der Komet hatte sich dermaassen in seinem Aussehen geändert, der bis dahin sehr glänzende, deutliche und gutbegrenzte Kern war dermaassen breit und verwaschen geworden, dass man an die Wirklichkeit einer so grossen und so plötzlichen Veränderung kaum glaubte. —

Was nun auch immer die Ursache dieser Ausströmungen sein mag, ob sie, wie Bessel meint, durch eine uns bis jetzt noch unbekannte Kraft hervorgerufen wird, oder ob die Einwirkung der Sonnenhitze allein jenes Phänomen hervorbringt, so folgt doch aus den Beobachtungen, dass der eigentliche Kern des Kometen in einem Zustande gewaltiger Revolutionen sich befand. Herschel maass am 25. Januar 1836 den Durchmesser des Kopfes, aber schon zwei Stunden später hatte dieser bedeutend an Umfang zugenommen, und diese Zunahme dauerte bis zum 11. Februar. Sonach ist es wahrscheinlich, dass die den Kern umgebende Hülle einzig und allein dem Kerne ihr Entstehen verdankt, indem von diesem gewaltige Strömungen irgend einer, uns noch unbekannten Materie emporsteigen und den sogenannten Kopf bilden. Wir sehen hier einen kosmischen Gestaltungsprocess unter unsern Augen vor sich gehen: das einzige Beispiel im ganzen Raume, wo auf eine Spanne Zeit zusammengedrängt, ein Weltkörper in Bildung und Verwandlung begriffen erscheint.

Solche gewaltige Revolutionen gehen aber, soweit wir dies zu beurtheilen vermögen, niemals ohne Lichtentbindungen vor sich. Die Annahme, dass die Kometen zum Theile eigenes Licht gleich der Sonne (natürlich unvergleichlich schwächer als dieses) besitzen, ist daher schon aus diesem Grunde sehr wahrscheinlich. Eine weitere Bestätigung dieser Annahme erwächst aus den wechselvollen Helligkeitsverhältnissen, welche die Kometen zeigen und die mit denjenigen, welche sich der Berechnung nach zeigen sollten, nicht übereinstimmen. So nahm z. B. der grosse Komet vom Jahre 1861 in der letzten Hälfte des Monats Juli schnell an Helligkeit ab. Drückt man seinen Glanz für den 22. Juli durch die Zahl 139 aus, so war derselbe nach meinen Messungen am 26. Juli nur gleich 109, am 28. gleich 80, am 29. gleich 68, aber am folgenden Abende bereits wieder auf 88 gestiegen; am 31. war die Helligkeit im Verhältniss zu jener des 22. Juli gleich 50, am 6. August gleich 38, am 7. aber auf 41 gestiegen, nahm sie wieder ab bis zum 13., an welchem Tage eine Zunahme des Glanzes

erfolgte. Solche Veränderungen lassen sich nicht aus der Stellung des Kometen gegen die Sonne und die Erde erklären, sie deuten vielmehr auf eigene, geheimnissvolle Lichtprocesse, welche in dem Kometenkopfe vor sich gehen. Bei dem 3. Kometen des Jahres 1862 musste der Berechnung nach, die grösste Helligkeit gegen den 30. oder 31. August sich entwickeln, aber sie trat ein, kurze Zeit, nachdem der Komet seinen Sonnennähe-Punkt erreicht hatte, am 24. August. Seitdem hat die spectralanalytische Untersuchung verschiedener Kometen, besonders der Kometen I. 1864, I. 1866, II. 1868 ergeben, dass diese Gestirne eignes Licht aussenden und zwar Licht, welches sich von jenem der Sonne merklich unterscheidet.

Die gewaltigen Revolutionen, welche in dem Kometenkerne statthaben, können sich bisweilen sogar so weit ausdehnen, dass der Kern oder die Nebelhülle getrennt wird und aus einem Kometen zwei werden. Die älteste Erscheinung dieser Art, von der wir Nachrichten besitzen, fand im Jahre 371 v. Chr. statt. Der griechische Geschichtsschreiber Ephorus erwähnt, dass in jenem Jahre ein Komet erschien und sich in zwei getheilt habe. Man schrieb demselben damals allgemein den Untergang der beiden Städte Helice und Bura zu. Die Annalen der Chinesen führen für das Jahr 896 sogar drei Kometen an, welche in den Stationen Hui und Grei standen. Nach drei Tagen sollen die beiden kleineren und bald darauf auch der grössere verschwunden sein. Diese Nachrichten schienen indess den neueren Astronomen wenig zuverlässig. In der That war es auch kaum glaubhaft und durch kein anderweitiges Ereigniss in etwa bestätigt, dass ein Weltkörper unter den Augen der Erdbewohner sich getheilt habe; aber die Astronomen des 19. Jahrhunderts sollten bald eines Bessern belehrt werden.

Am 28. Februar 1826 entdeckte Herr von Biela zu Josephsstadt in Böhmen einen kleinen schwachen Kometen, der sich bald als ein periodischer, von etwa $6^3/_4$ Jahren Umlaufszeit erwies. Der Vorausberechnung gemäss, kehrte er gegen Ende des Jahres 1832 zurück, ebenso 1839, obgleich er, ebenfalls der Rechnung nach, zu dieser Zeit nicht von der Erde aus gesehen werden konnte. Im Jahre 1846 hingegen war seine Lage so, dass er weit besser den Erdbewohnern zu Gesichte kam. Da verkündeten plötzlich die amerikanischen Zeitungen, dass Lieutenant Maury am 12. Januar den Kometen doppelt gesehen habe. Diese Beobachtung bestätigte sich, indem Wichman in Königsberg und Challis in Cambridge am 15. Januar ebenfalls die Trennung bemerkten; die Astronomen Valz, d'Arrest und Enke sahen sie am 27. Januar. Letzterer bemerkte, dass von den beiden Kernen der eine schwächer als der andere war. Jeder derselben zog einen kleinen Schweif hinter sich, dessen Richtung senkrecht zur Verbindungslinie der beiden Kerne stand. Beide Kometen zeigten dieselbe Geschwindigkeit und bewegten sich nach der nämlichen Richtung. Am 6. Februar sah man beide Kerne deutlich auf der Pariser Sternwarte, ihr Abstand betrug damals ungefähr 14,000 geographische Meilen. Der Himmelsraum zwischen beiden Kometen war vollkommen rein und

nebelfrei, aber einige Zeit später bemerkte Lieutenant Maury feine Nebelstrahlen, welche den grösseren mit dem kleineren Kometen verbanden. Letzterer nahm so schnell an Helligkeit ab, dass er in der letzten Hälfte des März nicht mehr aufgefunden werden konnte. Nichtsdestoweniger hat er sich nicht, was man wohl anfangs meinte, aufgelöst, sondern als der Hauptkomet 1862 wieder erschien, zeigte sich auch der zweite, jedoch war sein Abstand von dem ersten bereits auf mehr als 150,000 Meilen gestiegen. Im Jahre 1859 konnten beide Gestirne ihrer Lage nach nicht gesehen werden, aber im Winter 1865 bis 1866, wo sie zurückkehren mussten, blieben sie aus, so dass man nach den fleissigen Nachforschungen von d'Arrest und Secchi nicht anders als annehmen muss, dass die beiden Gestirne sich bis zur gänzlichen Unsichtbarkeit aufgelöst haben. Die neueste Zeit hat noch ein zweites Beispiel eines Doppelkometen geboten, Liais entdeckte am 26. Februar 1860 zu Olinda in Brasilien einen schwachen Kometen, der sich bald als Doppelkomet erwies. Der vorangehende war der hellere und von länglicher Gestalt, während der schwächere von mehr rundlicher Form erschien.

Der Biela'sche Komet gehört zu den Kometen von kurzer Umlaufszeit oder den sogenannten innern Kometen, die bereits oben aufgezählt wurden. Unter diesen nimmt nächst dem Biela'schen, der nach seinem ersten Berechner sogenannte Encke'sche Komet ein vorwiegendes Interesse in Anspruch. Zum ersten Male beobachtet ward dieses Gestirn am 17. Januar 1786 von Méchain, aber es gelang dem Entdecker im Vereine mit Messier nur noch einmal, am 19. Januar, den Kometen wiederzusehen. Da, wie wir wissen, aber mindestens drei Beobachtungen vorliegen müssen, ehe die Astronomen die Bahn eines Kometen berechnen können, so war das Gestirn damals für die Berechnung als verloren zu betrachten. Am 7. November 1795 sah Miss Herschel den Kometen wieder, aber auch die damaligen Beobachtungen genügten nicht zu einer genauen Untersuchung seiner Bahn. Als der Komet indess im Jahre 1819 zurückkehrte, fand Encke, dass jenes Gestirn sich in elliptischer Bahn bewegt und etwa $3^1/_3$ Jahr zu jedem Umlaufe um die Sonne gebraucht. Eine kurze Umlaufszeit war schon an und für sich merkwürdig, aber ein weiterer Umstand verlieh dem Encke'schen Kometen bald ein noch grösseres Interesse. Encke fand nämlich, dass die Umlaufszeit desselben und die hiermit zusammenhängende mittlere Entfernung sich fortwährend verkleinert.

Die gesammte Verminderung der Umlaufszeit in der Periode von 1786 bis zum Jahre 1838 beträgt 1 Tag. Was das Endresultat dieser fortdauernden Annäherung an die Sonne sein wird, liegt auf der Hand. Der Komet wird sich mit der Zeit in die Sonne stürzen müssen. Diese Folgerung ist streng richtig, jedoch gilt sie nur unter der Voraussetzung, dass die Kraft, welche den Kometen bei jedem Umlaufe näher zur Sonne hintreibt, immer wirkt und ihre Wirknng nicht mit der Zeit durch andere entgegengesetzte Kräfte compensirt wird. Ob dieses der Fall ist oder nicht, wissen die Astronomen zur Zeit noch nicht mit Bestimmtheit anzugeben, wenngleich sie die Ursache

oder die Kraft, welche jene Wirkung hervorbringt, anzugeben vermögen. Sie ist in dem Widerstande zu suchen, welchen die feine gasartige Substanz oder der Aether, der die Himmelsräume erfüllt, der Bewegung des Kometen entgegensetzt.

Die Bewegung der Kometen im Raume (ebenso wie jene der Planeten) entsteht durch die Wirkung zweier Kräfte, deren eine, die Tangentialkraft das Gestirn von der Sonne zu entfernen strebt, während die andere, die Anziehungskraft, den Kometen fortwährend zur Sonne hinzieht. Die Bewegung wird sich für jeden folgenden Umlauf so lange gleichbleiben, als sich das stetige Verhältniss beider Kräfte zu einander nicht ändert. Wird aber z. B. einem Kometen ein merklicher Widerstand entgegengesetzt, seine Tangentialkraft also vermindert, so wirkt hierdurch die Anziehungskraft der Sonne stärker, der Komet ermattet gewissermassen in seinem Fluge und es ist ihm nicht mehr möglich, sich so weit wie früher von der Sonne zu entfernen. In seinem Sonnennähepunkte sowohl wie in der Sonnenferne, im Aphelium, bleibt er demnach dem Centralkörper näher, wie es ohne die Einwirkung eines widerstehenden Mittels (des Aethers) der Fall sein würde, und diese Verkleinerung der Bahn-Dimensionen muss bei jedem weiteren Umlaufe zunehmen. Die Geschwindigkeit der Bewegung des Kometen nimmt zwar bei diesem fortwährenden Näherrücken an die Sonne wieder zu, dergestalt, dass er die neue Bahn schneller durchläuft wie die alte grössere Bahn, aber jene Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit genügt noch lange nicht, um das Gestirn wieder in die alte Bahn zurückzuwerfen und so vor dem Schicksale zu bewahren, dereinst mit furchtbarer Geschwindigkeit auf die Sonne zu stürzen.

Es liegt nahe, zu untersuchen, ob der Einfluss eines widerstehenden Mittels sich nicht auch bei andern Kometen bemerkbar macht. Aber solche Untersuchungen sind ganz ungemein schwierig, indem sie erfordern, dass der zu untersuchende Komet wenigstens in drei Umläufen auf das genaueste beobachtet worden. Ferner darf auch seine Umlaufszeit nicht allzugross sein, da hierdurch wieder Verhältnisse eintreten, welche so genauen Bestimmungen, wie sie hier nöthig sind, entgegenstehen. Unter solchen Umständen zeigen sich bei dem jetzigen Zustande der Wissenschaft nur die oben bereits erwähnten, sogenannten inneren Kometen zu dergleichen Untersuchungen tauglich, vorausgesetzt natürlich, dass genug Beobachtungen vorliegen, um überhaupt etwas entscheiden zu können. Leider sind indess die Beobachtungen, ausser bei dem Encke'schen, nur bei zweien dieser Kometen der Art, dass sie eine Untersuchung möglich machen. Es sind dies der oben genannte Biela'sche und ein am 22. November 1843 von Faye in Paris entdeckter Komet. Von diesen beiden hat sich aber noch dazu auch der Biela'sche Komet einer solchen Untersuchung durch seine Theilung in zwei Himmelskörper und sein gänzliches Verschwinden entzogen, so dass nur Faye's Komet übrig bleibt. Dieser Komet ist bei dreimaliger Wiederkehr beobachtet worden. Aus den Beobachtungen der ersten Erscheinung im Jahre 1843 berechnete Leverrier die Umlaufszeit zu 2717 Tagen 16 Stunden und bestimmte

die Wiederkehr zum Sonnennähepunkte auf die Mitternachtsstunde des 3. zum 4. April 1851. Im November 1850 wurde der Komet in der That aufgefunden und in Cambridge, Berlin und Pulkowa beobachtet und der Durchgang durch das Perihel fand statt in den Vormittagsstunden des 2. April. Die dritte Rückkehr im Jahre 1858 ward in Berlin und Cambridge beobachtet und der Augenblick der Sonnennähe trat ein am Morgen des 13. September. Dr. Axel Möller in Lund untersuchte die Bahn dieses Gestirns und fand in der That, dass bei diesem ebenso wie bei dem Encke'schen Kometen die Umlaufszeit sich fortwährend verringert. Eine neue Revision seiner sehr umfangreichen Rechnungen ergab indess einen Rechenfehler, nach dessen Verbesserung sich die Annahme einer fortwährenden Verkürzung des Umlaufes dieses Kometen nicht nothwendig zeigte.

Das nachstehende Verzeichniss enthält speciellere Angaben über einige der merkwürdigsten unter der grossen Anzahl von Kometen, die im Laufe der Jahrhunderte den Menschen zu Gesichte gekommen sind.

371 v. Chr. Man sah diesen Kometen zur Winterzeit in der Nähe des Nachtgleichenpunktes. Er soll einen bedeutenden Glanz entwickelt haben und ward von den Griechen als Vorbote des Endes der lacedämonischen Herrschaft angesehen. Uebrigens soll er noch nebenbei den Untergang der Städte Helice und Bura, welche vom Meere verschlungen wurden, verschuldet haben. Der Komet verschwand im Sternbilde des Orion.

400 n. Chr. Schreckenerregender Komet, welcher mit seinem Schweife das halbe Himmelsgewölbe überspannte; ganz Constantinopel erzitterte ob dieses Anblicks. Die Chinesen besassen mehr Muth, bestimmten die Länge seines Schweifes zu nur 30 Grad und beobachteten seinen Lauf.

837. Dieser Komet kam der Erde bis auf etwa eine halbe Million Meilen nahe. Ludwig der Fromme sah das Anwachsen seines Glanzes und Schweifes und erschrak. Zur Abwehr des Gestirnes stiftete er verschiedene Klöster, aber der Komet selbst wäre für die Bahnberechnung verloren gewesen, wenn nicht die Chinesen seinen Lauf aufgezeichnet hätten.

975. Grosser Komet, von August bis October gesehen. Er war nur in den Morgenstunden sichtbar und verschwand im Sternbilde der Andromeda. Abermals sind die chinesischen Berichte die brauchbarsten.

1000. In diesem Jahre sollte nach der Meinung der meisten damals Lebenden die Welt untergehen. Daher wurde allerlei am Himmel gesehen, natürlich also mindestens auch ein Komet.

1222. Dieser grosse Komet sollte den Tod des Königs Philipp August von Frankreich angezeigt haben. Eigentliche Beobachtungen über denselben besitzen wir nur von den Chinesen.

1577. Grosser Komet. Er ward mit Sorgfalt von Tycho Brahe beobachtet. Der Schweif besass 22 Grad Länge und der Glanz des Gestirns war so bedeutend, dass dasselbe vor Sonnenuntergang gesehen werden konnte.

1680 n. Chr. Dieser Komet kam in seinem Perihel nach Encke's Rechnung der Sonne so nahe, dass er am 17. December nur 32,000 Meilen von ihrer Oberfläche entfernt war. Seine Geschwindigkeit in dieser Nähe war so bedeutend, dass er in jeder Secunde 53 Meilen zurücklegte, während er in der Sonnenferne (17,700 Millionen Meilen) nur 10 Fuss in der Secunde sich fortbewegt. Seine Umlaufszeit um die Sonne beträgt nahezu 8900 Jahre.

Whiston behauptete früher, die Umlaufszeit dieses Kometen betrage 575 Jahre und er sei zur Zeit der Sündfluth erschienen. Ebenfalls habe er sich zur Zeit des Trojanischen Krieges, der Zerstörung Ninive's, der Ermordung Cäsars gezeigt. Dass er beim Anfange der Kreuzzüge nicht fehlen durfte, ist gewiss, ebenso gewiss meinte Whiston, ist es aber auch, dass dasselbe Gestirn im Jahre 2155 zurückkehren wird. Dass es mit Whiston's Hypothese Nichts ist, wissen wir aber schon aus Encke's Berechnung.

1729. Dieser, obgleich dem blossen Auge unsichtbare Komet, ist gleichwohl der grösste, welcher jemals der Erde zu Gesicht gekommen, denn er ward noch in Entfernungen von derselben aus beobachtet, wo alle andern Kometen bereits längst verschwunden waren. Als Cassini die Beobachtungen aufgab, befand sich das Gestirn 90 Millionen Meilen von der Sonne entfernt.

1759. Die vorausberechnete, von dem ganzen damaligen Europa mit Spannung erwartete Erscheinung des Halley'schen Kometen. Nach Clairaut's und Madame Lepaute's Berechnung sollte der Komet seine Sonnennähe am 13. April erreichen; die Unsicherheit der Rechnung betrug etwa 1 Monat. In der That fand Palitzsch, ein wohlhabender Bauer zu Prohlis in der Nähe von Dresden, das Gestirn am 25. December 1758 und die weiteren Beobachtungen lehrten bald, dass das Perihel in der Nacht des 12. März eintrat.

1769. Sehr schöner Komet, dessen Schweif über den halben Himmel sich erstreckte. Nach Bessel's Rechnung befindet er sich in der Sonnenferne etwa 6600 Millionen Meilen von unserm Centralkörper entfernt und seine Rückkehr findet statt im Jahre 3789.

1770. Dieser Komet ist merkwürdig wegen der grossen Störungen, welche seine Bahn durch den Planeten Jupiter erlitt. Als er nämlich zur Sonne herniederstieg, wurde er durch die Wirkung jenes Planeten in eine Bahn gelenkt, in welcher er eine Umlaufszeit von 5 Jahren 210 Tagen erhielt. In der That bewegte er sich auch von da ab bis zum Jahre 1779 in dieser Ellipse, kam aber hierdurch dem Jupiter am 23. August 1779 nochmals so nahe, dass er zwischen diesem und der Bahn seines vierten Mondes hindurchging. In dieser grossen Nähe bewirkte aber die Anziehung Jupiters eine abermalige Um-

gestaltung seiner Bahn und in dieser neuen Bahn wird er nach Laplace's Rechnung nie mehr der Erde zu Gesichte kommen.

1807 n. Chr. Grosser Komet mit zwei Schweifen. Nach Bessel's ausgezeichneten Untersuchungen beträgt sein nächster Umlauf um die Sonne 1543 Jahre.

1811. Sehr glänzender Komet, dessen grösster Abstand von der Sonne nach Argelander's Berechnung 8700 Millionen Meilen beträgt. Er wird im Laufe des 4800. Jahres unserer Zeitrechnung wiederkehren.

1815. Von Olbers am 6. März entdeckter Komet. Seine Umlaufszeit beträgt 74 Jahre 2 Tage und seine nächste Rückkehr zum Perihel findet nach Bessel statt am 9. Februar 1887 10 Uhr Abends mittlerer Pariser Zeit.

1843. Grosser, am hellen Tage nahe bei der Sonne sichtbarer Komet. Am 28. Februar stand er wahrscheinlich kaum 10,000 Meilen von der Sonnenoberfläche entfernt.

1858. Grosser Komet. Er ward entdeckt von Donati zu Florenz am 2. Juni und entwickelte besonders im October ganz ungemeinen Glanz. Maclear, am Cap der guten Hoffnung, sah ihn zuletzt am 4. März des folgenden Jahres. Die Umlaufszeit dieses grossen Kometen beträgt 1880 Jahre.

1860. I. Dieser von Liais entdeckte, aber leider nur kurze Zeit zu beobachtende Komet, zeigte sich ähnlich wie der Biela'sche als Doppelgestirn. Nach den Rechnungen von Pechule erreicht der vorangehende Komet am 16. Februar $15^h\ 9^m\ 14^s$ mittlere Pariser Zeit sein Perihel, der nachfolgende am 16. Februar $16^h\ 13^m\ 45^s$ mittlere Pariser Zeit.

1861. Dieser Komet (II.) zeigte sich am 30. Juni plötzlich in grossem Glanze, aber Trebutt in Neuholland hatte ihn, unter Allen der Erste, schon am 13. Mai wahrgenommen. Schmidt in Athen, sah am 30. Juni den Schweif in einer Länge von 120 Grad.

1862. Heller Komet (III.) Er ward zuerst am 15. Juli von Swift zu Marathon in den Vereinigten Staaten, sowie am 18. von Tuttle in Cambridge gesehen. Trebutt in Sidney sah ihn zuletzt am 14. October. Nach Oppolzer's Berechnung beträgt die Umlaufszeit etwa 124 Jahre und der Komet wird im letzten Viertel des zwanzigsten Jahrhunderts zur Sonne zurückkehren. Im December 1866 hat Schiaparelli gefunden, dass die Bahn der Sternschnuppen des 10. August (der sogenannten Laurentiusperiode) eine sehr grosse Uebereinstimmung mit der Bahn dieses Kometen zeigt.

1863. IV. Dieser Komet ist merkwürdig, weil er nach der Berechnung von Julius in einer hyperbolischen Bahn einhergeht.

1864. II. Dieser von Tempel in Marseille entdeckte Komet ist hauptsächlich aus dem Grunde bemerkenswerth, weil er in seinem Perihel fast so weit wie die Erde von der Sonne ent-

fernt stand und nach Kowalzyk's Rechnung eine deutlich elliptische Bahn mit einer Umlaufszeit von 4754 Jahren besitzt.

1866. I. Merkwürdiger Komet von $33^1/_6$ Jahren Umlaufszeit, dessen Bahn die grösste Aehnlichkeit mit der Sternschnuppenbahn des Novemberstroms zeigt. Die spectralanalytische Untersuchung von Huggins zeigt den Kern dieses Kometen als im Zustande eines glühenden Gases befindlich und das Licht der Nebelhülle verschieden von jenem des Kernes.

1868. II. Dieser von Winnecke entdeckte Komet ist in spectralanalytischer Hinsicht unter allen bis jetzt am genauesten erforscht worden. Sein Spectrum bot den Anblick von drei lebhaften Banden dar. Die Bande im Grün fiel nahe mit der Magnesiumlinie zusammen; als aber Secchi die Ergebnisse seiner Messungen mit den Angström'schen Spectren verglich, fand er das Spectrum des Kohlenstoffs so nahe mit den drei Banden zusammenfallend, dass er zu der Ansicht kam, diese Substanz sei es, welche in dem Kometen glänzte. Auch Huggins kam, unabhängig von Secchi, zu dem gleichen Resultate.

Zum Schlusse gebe ich noch (nach Dr. Ph. Carl) eine Tafel der Häufigkeit der Kometen-Erscheinungen in den verschiedenen Jahrhunderten.

Zeitperiode.	Zahl der Kometen.	Zeitperiode.	Zahl der Kometen.
612—400 v. Chr.	3	600— 699 n. Chr.	21
499—400 „	6	700— 799 „	13
399—300 „	7	800— 899 „	31
299—200 „	5	900— 999 „	20
199—100 „	18	1000—1099 „	28
99— 0 „	14	1100—1199 „	22
0— 99 n. Chr.	21	1200—1299 „	25
100—199 „	18	1300—1399 „	31
200—299 „	35	1400—1499 „	35
300—399 „	21	1500—1599 „	23
400—499 „	19	1600—1699 „	12
500—599 „	24	1700—1799 „	36

Von 1800 bis zum Schlusse 1870 sind 171 Kometen beobachtet worden.

Fragt man schliesslich nach den Gefahren, die unserer Erde etwa aus dem Zusammenstosse mit einem Kometen erwachsen könnten, so kann man vom wissenschaftlichen Standpunkte aus hierüber nur eine beruhigende Versicherung geben. Die Untersuchungen von Schiaparelli, Leverrier u. A. über die Sternschnuppen (auf welche in dem Artikel Sternschnuppen eingehender zurückgegangen wird), haben fast mit Evidenz ergeben, dass die Kometen Ansammlungen von Sternschnuppen und Feuerkugeln sind und dass eine Annäherung der Erde an einen Kometen oder der Durchgang derselben durch einen Theil eines Kometen, sich uns als ein Sternschnuppenregen darstellen würde, wie deren die Geschichte schon verschiedene aufgezeichnet hat.

Korona wird der strahlende Lichtkranz genannt, der bei totalen Sonnenfinsternissen die schwarze Mondscheibe umgiebt. Man kann das Aussehen der Korona am besten mit der Glorie oder dem sogenannten Heiligenscheine vergleichen, der auf Gemälden das Haupt von Heiligen umgiebt. Doch zeigen sich insofern Abweichungen hiervon, als die Korona nicht allenthalben gleiche Breite besitzt und die Strahlen auch nicht immer senkrecht auf dem Mondrande stehen. So bemerkte man z. B. bei der totalen Sonnenfinsterniss im Jahre 1842 in Perpignan verschiedene Strahlen der Korona, welche genugsam verlängert den Mondrand tangirt haben würden. Die Strahlen lassen sich übrigens nicht unmittelbar bis zum Mondrande verfolgen, sondern verlieren sich vielmehr in einem blendend weissen Lichtringe, der in einer Breite von etwa 3 Minuten oder $^1/_{10}$ des Monddurchmessers zunächst den dunklen Mondrand umgiebt. Die Korona wird bisweilen schon einige Secunden vor der totalen Verdeckung der Sonne sichtbar, ebenso bleibt sie noch einige Secunden bestehen, nachdem die Totalität schon vorüber ist.

Die Korona gehört nicht, wie man früher glaubte, dem Monde an, sondern bildet unzweifelhaft einen Theil der äussersten Sonnenumhüllung, indem ihr Mittelpunkt mit dem Sonnencentrum zusammenfällt. Doch sind die langen Strahlen, welche sie aussendet, gewiss nur subjective Erscheinungen, ähnlich den schrägen Strahlen, welche die Sonne erzeugt, wenn sie durch eine Wolke hindurchscheint. Wollte man die Strahlen der Korona als wirkliche gelten lassen, so würde ihre Länge bis zu 1,000,000 Meilen betragen, was doch wohl nicht anzunehmen ist.

Die Untersuchung des Lichtes der Korona hat bis jetzt keine übereinstimmenden Resultate ergeben. Arago fand mittels seines Polariscops (s. d.), dass das Licht der Korona reflectirtes sei, andere Beobachter gelangten zu entgegengesetzten Resultaten und diese letzteren werden auch durch die neuesten Ergebnisse der Spectralanalyse bestätigt. Professor Harkness erhielt bei der totalen Sonnenfinsterniss vom August 1869 zu Des Moines in Nordamerika von einer hellen Stelle der Korona ein continuirliches Spectrum (also ohne dunkle Linien) mit einer einzigen hellen Linie, welche der Linie 1474 von Kirchhoff's Skala entspricht und die Lockyer und Young auch in der Chromosphäre der Sonne gefunden haben.

Kosmisch nennt man alles, was sich auf die Welt als solche bezieht. Kosmischer Aufgang s. Aufgang der Gestirne.

Kosmoglobus, eine 1827 von Dr. Garthe erfundene Weltmaschine, welche alle Erscheinungen des Himmels und der Erde in astronomischer Beziehung darstellt.

Der leitende Gedanke des Erfinders war: Himmels- und Erdglobus mit dem Planetarium zu verbinden und so ein der Wirklichkeit entsprechendes Ganzes zu bilden. Der Himmel wurde durch zwei leicht zu öffnende Glashalbkugeln, an deren einer Seite sich der mit Farben- und Grössen-Verschiedenheit angebrachten Fixsternhimmel in den verschiedenen Sternbildern deutlich markirten und einen sehr gefälligen

Eindruck hervorbrachten, dargestellt. Als ganz characteristisch war nun die Erde mit ihrer Erd- und Weltaxe im Innern angebracht, die von Aussen um diese Axe drehbar zugleich den Stundenring mit Zeiger enthielt. Was aber dem Ganzen das Siegel der Wahrheit aufdrückte, war ein beweglicher, die Erde umschliessender, auf jeden Punkt der Erde einstellbarer Horizont mit einem idealen Beobachter, an dessen Fussende gleichsam der Horizont befestigt war. Bei Wanderung dieses Beobachter auf die verschiedensten Punkte der Erde gegen das Himmelsgewölbe angestellt, nahm natürlich der Beobachter die gesetzmässige Stellung ein und es entstand nun Deutlichkeit in Lösung der verschiedensten Aufgaben, die nichts zu wünschen übrig liessen und als sehr lehrreich bezeichnet werden müssen. Aussen umschloss ein metallener, um die Weltaxe drehbarer Meridian die Glaskugel und bewirkte das Geschlossensein beider Halbkugeln. Wenn die Erde aus dem Himmelsgewölbe genommen und zur Seite gestellt wird, so kann ein Planetensystem, welches die Sonne in der Mitte, die Planetenbahnen in Ringen darstellt, so im Innern angebracht werden, dass die Ekliptik dieser Vorrichtung mit der äussern Ekliptik an der Himmelskugel in einer Ebene steht, welches Gesammtbild dem Welt-Ganzen, abgesehen von Entfernungen und Grössen-Verhältnissen, sehr treu entspricht. Noch wird bemerkt, dass die zu einem Sternbild gehörigen Sterne durch Punkte verbunden und im Innern durch den Namen des Sternbildes bezeichnet sind. Eine das Ganze sehr zweckmässig erläuternde Schrift*), die dem Apparat beigegeben wird, ist erschienen, aber nur durch den Erfinder zu beziehen.

Kosmogonie oder Kosmogenie, bezeichnet die Lehre von der Entwicklung (nicht der Entstehung, da diese dem Kreise des menschlichen Forschens entrückt ist,) der Welt als eines einheitlichen Ganzen. Die meisten früheren Versuche zu Kosmogonien scheiterten an dem Mangel genügender Thatsachen und waren bloss Phantasien. Erst die Neuzeit hat Mittel geboten, auch auf diesem Gebiete wissenschaftlich zu verfahren. Vgl. Klein, Entwicklungsgeschichte des Kosmos, Braunschweig 1871.

Kosmographie, Weltbeschreibung, begreift die beschreibende Astronomie und Geographie in sich.

Kowalsky, geb. am 15. August 1822 zu Dobreczyn in Polen, thätiger Astronom, Director der Sternwarte zu Kasan, berechnete u. a. die ersten genauen Tafeln der Bewegung des Neptun.

Kraft nennt man die Ursache, welche in der physischen Welt irgend eine Wirkung erzeugt und da wir diese Wirkungen in letzter Instanz als Bewegungen erkennen, so kann auch Kraft als Ursache der Bewegung definirt werden. Das Wesen der Kräfte kennen wir nicht, es ist für unsern Standpunkt transcendent. Der Naturforscher beschäftigt sich bloss mit der Wirkungsweise der Kräfte.

---

*) Mit Recht darf man die Aufmerksamkeit Aller, welche sich für Astronomie interessiren, auf diesen höchst sinnreichen Apparat hinlenken.

Kreis wird diejenige ebene, krumme Linie genannt, deren sämmtliche Punkte von einem von ihr umschlossenen Punkte, dem Centrum gleichweit entfernt sind. Diese Entfernung wird Radius oder Halbmesser genannt. Die begrenzende Linie heisst Kreisumfang oder Peripherie. Eine gerade Linie von irgend einem Punkte der Peripherie durch den Mittelpunkt bis zum gegenüberliegenden Punkte des Kreisumfanges geführt, heisst Durchmesser oder Diameter. Eine Gerade, die zwei Punkte des Kreisumfanges schneidet, ohne gleichzeitig durch den Mittelpunkt des Kreises zu gehen, heisst Sehne oder Chorde. Die Flächen zwischen zwei unter spitzem Winkel zusammenstossenden Radien in der Peripherie des Kreises wird Kreissector genannt. Bezeichnet r den Halbmesser, π (spr. Pi) den Umfang des Kreises, so ist das Verhältniss

$$\pi : 2r = 3{,}14159265 : 1.$$

Der Kreisumfang ergiebt sich = $2\pi r = 6{,}2831853r$

Der Flächeninhalt der Kreisebene ist . . . . = $\pi r^2 = 3{,}14159265r$

Ist a der Winkel zweier Radien, so ergiebt sich die Grösse des von ihnen umschlossenen Sectors . . . = $\frac{a^0}{360^0} \cdot \pi r^2 = 3{,}14159265 \cdot r^2 \cdot \frac{a^0}{360^0}$

Man theilt den Kreisumfang in 360 Grade (s. d.), jeden Grad in 60 Minuten, jede Minute in 60 Secunden. Der Kreisumfang hat also:

360 Grade = 21,600 Minuten = 1,296,000 Secunden.

Die Länge des Radius in Bogenmaass ausgedrückt, ist

$$= 57^0\ 17'\ 44{,}8'' = 57^0{,}2958 = 3437'{,}75 = 206264'',8.$$

Kreil, Karl, verdienter Meteorologe, geb. am 4. November 1798 zu Ried, gest. am 21. December 1862, zuerst Adjunct an der Sternwarte zu Mailand, dann Professor der Mathematik und Astronomie an der Universität zu Prag und von 1851 an Director der meteorologischen Centralanstalt in Wien. Kreil hat sich besonders in dem Nachweis des Einflusses des Mondes auf den meteorologisch-magnetischen Zustand der Erdoberfläche verdient gemacht, ausserdem besitzt man von ihm eine Menge magnetischer und meteorologischer Beobachtungen.

Kreismicrometer, eine im Brennpunkte des Fernrohres angebrachte Vorrichtung, um den Ort eines Gestirnes am Himmel, besonders eines lichtschwachen Kometen oder Nebelfleckes, durch Vergleichung mit dem bekannten Orte eines benachbarten Sternes zu bestimmen.

In seiner einfachsten Gestalt besteht das Kreismicrometer aus der kreisförmigen Blendung, welche im gemeinschaftlichen Brennpunkte des Objectivs und Okulars angebracht ist; bei einer andern Form besteht das Kreismicrometer aus einem platten, sehr genau abgedrehten Metallringe, der mittels vier Metallstreifen senkrecht zur optischen Axe des Fernrohrs in der Ebene des Brennpunktes befestigt ist.

Um die Anwendung des Kreismicrometers zu verstehen, denke man sich das Fernrohr genau im Meridiane und so gerichtet, dass der

Stern, dessen Ort man bestimmen will, sowohl als derjenige, dessen Ort bekannt ist, kurz nacheinander das Gesichtsfeld des Fernrohrs passiren müssen. Beobachtet man nun die Momente, in welchen beide Sterne in das Gesichtsfeld eintreten und aus demselben wieder verschwinden so giebt die halbe Summe dieser Zeitpunkte für jeden der beiden Sterne den Moment, in welchem er genau in der senkrechten Linie durch die Mitte des Gesichtsfeldes sich befand, d. h. also im Meridian stand. Die Differenz dieser beiden Zeitmomente ist dann die Differenz der Rectascensionen der beiden Sterne. Da man nun die Rectascension des einen Sternes bereits kennt, so hat man auch die Rectascension des andern.

Um auch die Differenz der Declinationen der beiden Gestirne zu bestimmen, bezeichne $2t$ die Zeit zwischen dem Eintritt und Austritt des einen Sternes am Kreismicrometer, $2t'$ sei dieselbe Zeit für das andere Gestirn und ihre Declinationen resp. d und d'. Man berechne:

$$\sin\varphi = \frac{15t}{r}\cos\delta,\ \ \sin\varphi' \frac{15t'}{r'}\cos\delta',\ \ \Delta = r\cos\varphi,\ \ \Delta' = r\cos\varphi',$$

wo r den Radius des Kreismikrometers bezeichnet.

Es ist dann $\Delta - \Delta'$ die gesuchte Differenz der Declinationen beider Gestirne. Man wird bemerken, dass in den vorstehenden kleinen Formeln die Grösse d', also die *gesuchte* Declination, schon vorkommt, also als bekannt angesehen wird. Allein in dem gegenwärtigen Falle umgeht man diese Schwierigkeit dadurch, dass man zuerst d statt d', d. h. die bekannte statt der gesuchten Declination nimmt (da beide nie sehr von einander verschieden sind), die vorläufige Declination d' aus den Formeln ableitet und dann die Rechnung mit diesem verbesserten Werthe von d' nochmals wiederholt.

Die Grösse r oder der Radius des Kreismicrometers lässt sich am besten durch zwei Fixsterne bestimmen, deren Declinationen genau bekannt sind, und deren Declinationsdifferenz nahe dem Durchmesser des Kreismicrometers ist.

Sind diese Declinationen d und d', t und t' die halben beobachteten Zwischenzeiten des Durchgangs des Sterns durch das Gesichtsfeld in Secunden (Sternzeit) ausgedrückt, so berechne man folgende Ausdrücke:

$$a = 15t\cos d, \qquad a' = 15t'\cos d',$$

suche dann m und m' aus den Formeln:

$$\operatorname{tang} {}^1\!/_2(m' + m) = \frac{a' + a}{d' - d}, \qquad \operatorname{tang} {}^1\!/_2(m' - m) = \frac{a' - a}{d' - d},$$

so ist der gesuchte Halbmesser des Kreismicrometers

$$r = \frac{a}{\sin m} = \frac{a'}{\sin m'}$$

Vergl. auch *Micrometer*.

Krüger, Adalbert, geb. 1832 zu Marienburg in Ostpreussen, Anfangs Observator an der Sternwarte zu Bonn, später Director der Sternwarte zu Helsingfors, beschäftigte sich mit Beobachtung und Berechnung besonders der kleinen Planeten.

Kugel heisst derjenige Körper, bei welchem sämmtliche Punkte seiner Oberfläche von einem Punkte des Innern, dem Kugelcentrum gleich weit entfernt sind. Man kann sich die Kugel als durch Umdrehung eines Kreises um einen Durchmesser als Axe, entstanden denken.

Der Durchschnitt einer Kugel mit einer Ebene ist stets ein Kreis; geht die schneidende Ebene gleichzeitig durch den Mittelpunkt der Kugel, so ist der Kreis ein grösster und theilt die Kugeloberfläche in zwei gleich grosse Hemisphären. Zwei grösste Kreise auf einer Kugeloberfläche halbiren einander, und der Winkel, den sie mit einander machen, ist dem Neigungswinkel ihrer Ebenen gegen einander gleich.

Bezeichnet π das Verhältniss des Kreisumfanges zum Durchmesser (s. Kreis), r den Kugelradius, so ist die

$$\text{Kugeloberfläche} = 4\,\pi r^2 = 12{,}5663706\ r^2,$$
$$\text{Kugelinhalt} = {}^4/_3\,\pi r^3 = 4{,}1887902\ r^3.$$

Die Kugeloberfläche in Quadratgraden

$$= 4\pi\left(\frac{180}{\pi}\right)^2 = \frac{4\cdot 180^2}{\pi} = 41{,}254 \text{ Quadratgrad.}$$

Die Kugel hat in der Astronomie eine besondere Wichtigkeit, weil einestheils alle Kreise der sphärischen Astronomie an der Fläche des kugelförmigen Himmelsgewölbes gezogen werden, andererseits, weil die Planeten sehr nahe die Gestalt von Kugeln besitzen und in der physischen Astronomie meistentheils als solche in Rechnung gezogen werden.

Kunowsky, Georg Karl Friedrich, geb. am 3. März 1786 zu Beuthen in Schlesien, gest. bei Entgleisung des Zuges zwischen Kohlfurt und Rausche am 23. December 1846, Justizrath in Berlin und eifriger astronomischer Beobachter, der besonders den Mond und die Planeten beobachtete.

La Caille, Nicolas Louis de, geb. am 13. Mai 1713 zu Rumiguy, gest. am 21. März 1762 zu Paris, war Anfangs mit Cassini und Maraldi bei den geodätischen Messungen in Frankreich beschäftigt, wurde 1746 Professor der Mathematik am College Mazarin zu Paris, ging von 1750—1753 nach dem Cap der guten Hoffnung, und maass dort einen Bogen von 1° 13′ 17,5″ des Meridians, aus welchem er die Länge eines Meridiangrades unter 33° 18′ 30″ s. Br. zu 57,037 Toisen bestimmte. Sein Werk „Coelum australe stelliferum" erschien nach seinem Tode. In seinem Werke „Astronomiae fundamenta novissima" gab er ein Verzeichniss sehr genauer Positionen von 397 Sternen auf 1750 reducirt.

Länge, geographische, eines Ortes, nennt man den Bogen des Aequators zwischen dem Durchschnittspunkte desselben mit dem Meridian des Ortes und dem Durchschnittspunkte mit einem willkürlichen Meridiane, den man zum Anfangspunkte der Zählung nimmt. Als solchen ersten Meridian nimmt man in Deutschland meist den durch die Insel Ferro gehenden, in Frankreich den Meridian von Paris, in Eng-

land den von Greenwich, in Nordamerika den Meridian von Washington. (Vergl. Erde.) Durch Angabe der geographischen Länge und Breite (s. d.), ist die Lage eines Ortes auf der Erdoberfläche bestimmt. Man zählt die Länge von dem Anfangsmeridian meist gegen Ost bis 360°, oder auch östlich bis 180° und westlich bis 180°.

Zwei Orte unter demselben Meridiane haben natürlich gleiche geographische Länge (und im gleichen Augenblicke Mittag), liegen sie unter verschiedenen Meridianen, so heisst der Unterschied ihrer Längen ihre Meridiandifferenz. Man hat verschiedene Methoden erdacht, die Meridiandifferenz zweier Orte zu bestimmen, doch sind diese Methoden in der Ausführung schwieriger als die Ermittelung der geographischen Breite oder der Breitendifferenz zweier Orte.

Man kann die Meridiandifferenz durch directe Messung der Entfernung beider Orte unter Zugrundelegung der Grösse und Gestalt der Erde finden, allein dieses Mittel ist nur selten für grössere Entfernungen anwendbar. Viel passender geschieht die Bestimmung durch die Messung der Zeit, welche ein Stern gebraucht, um in Folge seiner täglichen scheinbaren Bewegung vom Meridiane des einen Ortes bis zum Meridiane des andern zu gelangen. Wenn man statt eines Sternes die Sonne nimmt, so braucht man bloss die Uhrzeiten der beiden Orte in demselben Momente zu vergleichen. Denn da die Uhren an jedem Orte bei richtigem Gange 12 Uhr (oder 0 Uhr) zeigen, wenn die Sonne durch den Meridian geht, so müssen sie in ihren Angaben stets um eine gleiche Zahl von Stunden und deren Bruchtheilen von einander abweichen. Es kommt demnach bei der Längenbestimmung darauf an:

1) die genaue Uhrzeit an beiden Orten zu kennen in dem Augenblicke, wo eine bestimmte Erscheinung stattfindet, und

2) die Angaben der beiden Uhren mit einander vergleichen zu können.

Was den ersten Punkt anbetrifft, nämlich die genaue Kenntniss der Ortszeit in jedem gegebenen Momente, so wird diese dadurch erlangt, dass man den Gang der Uhr durch Beobachtungen am Meridianinstrumente oder durch Beobachtung von correspondirenden Höhen (s. d.) regulirt und controllirt.

Schwieriger ist die Erreichung der zweiten Bedingung, die Angaben der Uhren mit einander zu vergleichen. Man benutzt dazu entweder himmlische oder irdische Signale, die an beiden Orten in demselben absoluten Momente sichtbar sind (sogenannte tautochrone Erscheinungen). Zu den ersteren zählen die Mondfinsternisse und die Verfinsterungen der Jupitersmonde. Da bei einer Monfinsterniss die Verdunkelung der einzelnen Theile der Mondscheibe allenthalben in dem gleichen Augenblicke wahrgenommen werden, so ergiebt die Differenz der Zeitangaben nach der Ortszeit der einzelnen Beobachtungsorte sofort deren Meridiandifferenz. Ist z. B. der Anfang einer Mondfinsterniss an dem Orte A um $7^h\ 15^m$, an dem Orte B um $9^h\ 15^m$ beobachtet worden, so ist die Zeitdifferenz von 2^h zugleich die Meridiandifferenz beider Orte, und B liegt 2^h oder 30° östlicher als A. Leider lassen sich die einzelnen Phasen einer Mondfinsterniss nicht genau genug beobachten, um scharfe Zeitbe-

stimmungen zu erhalten, denn der Erdschatten auf dem Monde erscheint an den Grenzen verwaschen und die Abweichungen verschiedener Beobachter in ihren Angaben für einen und denselben Orte können über $^1/_2$ Minute erreichen. Dazu finden auch Monfinsternisse viel zu selten statt. Zahlreichere und genauere Resultate liefernd, sind die Verfinsterungen der Jupitersmonde, doch auch hier sind, wie Zach gezeigt hat, Fehler von 30 Secunden nicht zu vermeiden.

Zur Ermittelung geringerer Meridiandifferenzen bedient man sich daher schon seit 1671 der künstlichen Signale, Anfangs mittels Blickfeuern und Raketen, zuletzt ausschliesslich mittels Anzünden von kleinen Pulvermengen. Man brennt nämlich zwischen den Orten A und B, deren Meridiandifferenz bestimmt werden soll, eine kleine Quantität Pulver ab. Der Lichtblitz, der unter Umständen bis auf 30 Meilen Entfernung gesehen werden kann, ist ein momentaner, und da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes 40,000 Meilen pro Secunde beträgt, so wird der plötzliche Blitz an beiden Stationen A und B so gut wie völlig gleichzeitig wahrgenommen. Unter diesen Umständen giebt der Unterschied der Beobachtungszeiten an beiden Orten die Meridiandifferenz.

Um die Genauigkeit dieser Methode beurtheilen zu können, möge hier eine Beobachtungsweise folgen, die am 24. Juli 1803 zur Ermittelung der Meridiandifferenz des Ettersberges bei Weimar und der Sternwarte Seeberg angestellt wurde.

Mittlere Zeit auf dem Ettersberge.	Mittlere Zeit auf der Sternwarte Seeberg.	Längenunterschied Ettersberg östlich von Seeberg.
$5^h\ 26^m\ 2{,}2^s$	$5^h\ 23^m\ 57{,}1^s$	$0^h\ 2^m\ 5{,}1^s$
5 30 59,3	5 28 54,8	0 2 4,5
5 35 59,6	5 33 55,0	0 2 4,6
9 11 8,5	9 9 3,8	0 2 4,7
9 16 2,6	9 13 58,2	0 2 4,4
9 21 2,0	9 18 57,3	0 2 4,7
	Mittel	$0^h\ 2^m\ 4{,}67^s$

Der Längenunterschied beträgt also $2^m\ 4{,}67^s$ mit einem mittleren Fehler von $0{,}221^s$ oder in Bogenmaass $31'\ 10{,}05'' \pm 3{,}32^s$.

Für grössere Entfernungen sind aber solche Pulversignale nicht gut anwendbar, man bedient sich daher hier der Sternbedeckungen durch den Mond oder der Sonnenfinsternisse, sowie der Durchgänge der unteren Planeten vor der Sonnenscheibe. Diese Erscheinungen sind zwar für Beobachter an verschiedenen Orten der Erdoberfläche keineswegs gleichzeitig, allein man kann sie durch Rechnung auf diejenige Zeit reduciren, zu welcher sie von dem Beobachter im Erdmittelpunkte wahrgenommen worden wären. Indem man diese Reduction für beide Beobachtungsorte ausführt, hat man gleichsam für den Erdmittelpunkt eine tautochrone Erscheinung, und die Differenz der reducirten Beobachtungen giebt die Meridiandifferenz der beiden Orte.

Ein anderes Mittel zur Längenbestimmung bieten die Mondculminationen. Wenn man an zwei unter verschiedenen Meridianen liegenden Orten die Differenz der Culmination des Mondes und eines

Fixsternes beobachtet, so werden diese Differenzen, weil der Mond seine Rectascension täglich gegen 15° ändert, nicht gleich sein, und man kann aus diesen Differenzen, wenn man die tägliche Aenderung der Rectascension des Mondes kennt, auf den Meridianunterschied schliessen. Littrow giebt hierzu folgendes Beispiel: Man beobachtete

	h m s		h m s
die Culm. d. Mondes in Gotha um	13 47 32,45	Sternzeit; in Mannheim um	13 47 53,0
„ „ der Spica „ „ „	13 14 17,87	„ „ „ „	13 14 17,2
	33 14,58		33 35,8
			— 33 14,58
			21,22

oder 5′ 18,3″ Bogen = a.

Die Aenderung der Rectascension des Mondes in 1^h Sternzeit ergab sich zu 34′ 44,998″ = b. Nennt man nun x die Meridiandifferenz beider Orte, so hat man die Proportion:

$$b : a = 1 : x, \text{ oder}$$

$$x = \frac{b}{a} = 0^h\ 9^m\ 9{,}6^s = 2^\circ 17'\ 24''.$$

Durch die Messung des scheinbaren Winkelabstandes des Mondes von einem Fixsterne lässt sich der wahre Winkelabstand beider, wie er für ein Auge im Erdmittelpunkte erscheinen würde, leicht und sicher berechnen. Dieselbe Beobachtung an einem andern Orte angestellt und ebenfalls auf den Erdmittelpunkt reducirt, würde ein Mittel geben, den Meridianunterschied beider Orte zu bestimmen, da der Unterschied der Zeiten, für welche dieselbe geocentrische Entfernung des Mondmittelpunktes von einem Gestirne statt hat, der Meridiandifferenz beider Orte gleich ist. Man sieht sofort, dass zwei Messungen des Mondabstandes von einem und demselben Sterne an zwei verschiedenen Orten erforderlich sind, um die Meridiandifferenz zu bestimmen; dazu kommt noch, wenn man (was auf See nothwendig ist) seine Länge auf der Stelle wissen muss, dass die Kenntniss der zweiten Beobachtung nicht sofort zu erlangen ist. Die ganze Methode würde also zur Längenbestimmung auf der See ganz unbrauchbar sein, wenn nicht die Theorie der Mondbewegung zu einem so bewundernswürdigen Grade der Vollkommenheit gebracht worden wäre, dass man der zweiten Beobachtung entbehren kann. Die Mondtafeln geben nämlich den Abstand des Mondes von einer Reihe hervorragender Sterne für einen gewissen Ort (z. B. für Greenwich) und für jeden gewünschten Augenblick so genau im Voraus an, als dieser Abstand nur immer mittels einer directen Messung zu erlangen ist. Da die Bewegung des Mondes am Himmel für eine Reihe von Jahren im Voraus berechnet worden ist, so nimmt der Seefahrer die Resultate dieser Rechnung mit, und hat dann die correspondirende Beobachtung für jeden Augenblick zur Hand. Ein Beispiel wird dies noch mehr verdeutlichen. Ein Schiffer misst Abends $5^h\ 14^m\ 10^s$ nach seiner mittleren Ortszeit den Abstand der Mittelpunkte von Sonne und Mond und findet diesen Abstand auf den Erdmittelpunkt reducirt gleich 8° 15′ 30″. Seine Mondephemeride aber giebt ihm für denselben Tag an:

Mittlere Zeit von Greenwich.	Geocentrische Distanz des Mittelpunktes von Sonne und Mond.
0^h	4° 10′ 15″
6	7 30 55
12	11 1 15
18	14 42 30

Es fragt sich nun, wie viel Uhr war es in Greenwich, als die geocentrische Distanz der Mittelpunkt von Sonne und Mond 8° 15′ 30″ betrug? Der blosse Anblick der kleinen Tafel zeigt schon sofort, dass es in diesem Augenblicke in Greenwich zwischen 6^h und 12^h Nachmittags war. Der Mondabstand von der Sonne nahm in diesen 6 Stunden um 3° 30′ 20″ zu. Man hat nun, da 8° 15′ 30′ — 7° 30′ 55″ = 44′ 35″ ist, die Proportion:

$$3^0\,30'\,20'' : 44'\,35'' = 6^h : x, \text{ oder } x = 1{,}2718^h = 1^h\,16^m\,18{,}5^s.$$

Es war also in Greenwich $7^h\ 16^m\ 18{,}5^s$ nach mittlerer Ortszeit in dem nämlichen Augenblicke, als es auf dem Schiffe $5^h\ 14^m\ 10^s$ mittlerer Ortszeit war. Das Schiff befand sich also $7^h\ 16^m\ 18{,}5^s - 5^h\ 14^m\ 10^s = 2^h\ 2^m\ 8{,}5^s$ in Zeit oder 30° 32′ 7,5″ in Bogen westlich vom Meridiane von Greenwich.

Das ist die berühmte Methode der Monddistanzen, deren erste Idee (1514) von dem Nürnberger Johann Werner ausging, die aber praktisch erst verwirklicht werden konnte, nachdem die Bewegung des Mondes so genau im Voraus berechnet werden konnte, dass die Angabe der Ephemeride sich an Genauigkeit neben die directe Beobachtung zu stellen vermochte. Dieses trat zuerst 1755 ein, als Tobias Mayer seine neuen Mondtafeln der Brittischen Admiralität übergab; gegenwärtig sind diese Mondtafeln indess längst durch unvergleichlich genauere ersetzt, und zwar durch die Hansen'schen. Uebrigens war ausser genauen Mondtafeln auch noch ein Instrument nothwendig, um auf dem schwankenden Schiffe die Mondabstände überhaupt messen zu können. Dieses Instrument der Spiegelsextant (s. d.) wurde um das Jahr 1700 von Newton erfunden, aber erst gegen 1732 durch Hadley verbreitet.

Man könnte noch fragen, weshalb man statt des Mondes nicht lieber die Sonne oder einen andern Himmelskörper wählt. Man sieht jedoch leicht ein, dass gerade derjenige Himmelskörper am vortheilhaftesten benutzt werden wird, der die grösste Winkelbewegung zeigt, und das ist eben der Mond.

Ein schon früh aufgetauchter Vorschlag zur Längenbestimmung mittels tragbarer Uhren, ist seinem Principe nach der einfachste, konnte aber erst zur Ausführung gelangen, nachdem man im Stande war Uhren herzustellen, auf deren genauen Gang innerhalb eines längern Zeitraums man sich verlassen durfte. Die Methode der Längenübertragung durch Chronometer (s. d.) basirt darauf, dass das Chronometer bei absolut richtigem Gange die mittlere Zeit des Ortes, nach der es gestellt worden, an jedem andern Orte abzulesen gestattet. Nehmen wir an, ein Schiffer habe sein Chronometer nach der mittlern Ortszeit von Greenwich gestellt; er fährt über den Atlantischen Ocean,

und nach einer gewissen Zeit wünscht er die geographische Länge zu kennen, unter der er sich momentan befindet. Er misst demzufolge mit seinem Sextanten zur Zeit, als das Chronometer $5^h\ 18^m\ 13^s$ zeigte, die Höhe der Sonne und findet daraus durch Rechnung (s. d. Artikel Zeitbestimmung), dass diese Beobachtung nur $3^h\ 18^m\ 3^s$ mittlerer Ortszeit seines Schiffes geschah. Das Schiff befindet sich demnach $5^h\ 18^m\ 13^s - 3^h\ 18^m\ 3^s = 2^h\ 0^m\ 10^s$ oder $30^0\ 2'\ 30''$ vom Meridian von Greenwich entfernt und zwar westlich davon, da die Ortszeit des Schiffes kleiner als die gleichzeitige Ortszeit in Greenwich ist.

Man erkennt unmittelbar, dass die Genauigkeit dieser Art von Längenbestimmung hauptsächlich auf dem genauen Gange des Chronometers beruht. Nun findet man freilich keine Uhr dieser Art, die absolut genau ginge; dies ist aber auch nicht erforderlich, sondern es genügt, wenn der tägliche Fehler des Chronometers stets die gleiche Grösse behält. Ein Chronometer, das täglich 15^s voreilt und diesen Gang behält, ist ein ein gutes zu nennen, während ein anderes, das heute 1^s voreilt, dann eine Zeit lang richtig geht, hierauf wieder ein paar Tage um 2^s vorläuft, dann um 1^s zurückbleibt etc., nur als mittelmässig bezeichnet werden kann. Geht nämlich ein Chronometer täglich constant um t Secunden vor, so eilt es nach n Tagen um $t \cdot n$ Secunden vor, und man braucht bloss diese Grösse von seinen Zeitangaben zu subtrahiren (oder, wenn das Chronometer nachgeht, dieselbe zu seinen Angaben zu addiren), um die ganz richtige Zeitangabe zu erhalten. Diese Correction ist aber nicht möglich, wenn das Chronometer bald vorläuft, bald zurückbleibt. Man nennt das constante Voreilen oder Zurückbleiben t pro Tag den täglichen Gang der Uhr. Diesen täglichen Gang bestimmt man am einfachsten durch Vergleichung der Zeitangaben des Chronometers mit den Angaben der astronomischen Uhr einer Sternwarte während eines gewissen Zeitraumes. Um sich später zu überzeugen, ob die Uhr ihren täglichen Gang noch unverändert beibehält, kann man an einem Orte, dessen geographische Länge bekannt ist, durch Sonnenhöhen oder correspondirende Höhen die Zeit direct bestimmen und diese Resultate mit den Angaben der Uhr vergleichen. Beispiel: Ein Schiffer findet bei Vergleichung seiner Uhr mit derjenigen einer Sternwarte, dass jene $3^m\ 14{,}5^s$ gegen die mittlere Ortszeit vorgeht. Nach 30 Tagen gelangt er an einen Ort, der $1^h\ 18^m\ 15{,}1^s$ in Länge von jener Sternwarte entfernt ist. Er bestimmt seine Ortszeit und findet, dass die Uhr $1^h\ 23^m\ 18{,}3^s$ Unterschied gegen diese Ortszeit zeigt. Hiervon sind $1^h\ 18^m\ 15{,}1^s$ auf den Meridianunterschied und $3^m\ 14{,}5^s$ auf das anfängliche Vorgehen der Uhr zu setzen, der Rest von $1^m\ 48{,}7^s$ repräsentirt die Abweichung der Uhr in 30 Tagen, der tägliche Gang der Uhr war also $+\frac{1^m\ 48{,}7^s}{30} = +3{,}62^s$.

Da der genaue Gang eines Chronometers oft durch Ursachen beeinflusst werden kann, die man nicht so leicht zu entdecken vermag, und da diese Ursachen plötzlich wirken können, die Voraussetzung eines constanten täglichen Ganges daher unrichtig sein kann und auf diese Weise beträchtliche und gefährliche

Fehler in der Längenbestimmung entstehen können, so benutzt man meist mehrere Chronometer, deren Uebereinstimmung eine grössere Genauigkeit und Sicherheit verbürgt.

In der neuesten Zeit ist durch Chronometer-Expeditionen die geographische Länge einer grossen Anzahl von Orten, besonders auch von Sternwarten, bestimmt worden. So hat Struve die Längendifferenzen zwischen Pulkowa, Altona und Greenwich mittels einer grossen Anzahl (30 bis 78) Chronometern bestimmt, die 17 Mal von dem einen zum andern Orte transportirt wurden. Der wahrscheinliche Fehler der auf diese Weise erhaltenen Resultate beträgt 0,04ˢ oder 0,6 Bogensecunde.

Im Jahre 1839 machte zuerst Gauss auf die Anwendung des elektrischen Telegraphen zur Längenbestimmung aufmerksam. Da der galvanische Strom eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit besitzt, welche für jede irdische Distanz als unendlich gross angesehen werden kann, so ist klar, dass mittels desselben der Durchgang eines Sterns durch den Meridian des Ortes A im nämlichen Momente dem Orte B angezeigt werden kann und die Zeit, welche verfliesst, bis dort der Stern durch den Meridian geht (oder welche verfloss, seit er durch den Meridian ging), giebt den Meridianunterschied an. Diese Methode giebt überraschend genaue Resultate, besonders unter Anwendung der selbstregistrirenden Apparate. Der Beobachter in A drückt in dem Momente, in welchem der Stern durch den Meridian geht, auf einen Schlüssel, sofort entsteht durch den elektrischen Strom in dem Orte B auf einem sich fortbewegenden Papierstreifen ein Punkt. Dieser Papierstreifen steht mit der astronomischen Uhr in B in Verbindung, und zwar wird mittels eines besondern Apparates nach Verlauf von je einer Secunde auf demselben ebenfalls ein Punkt erzeugt. Während der Zeitdauer von einer Secunde dreht sich aber der Papierstreifen um einen gewissen Betrag unter dem Stifte, welcher die Punkte erzeugt, weg. Nehmen wir nun an, die Secundenpunkte ständen auf dem Papierstreifen um je 1 Zoll auseinander, der Punkt, welcher den Meridiandurchgang des Sterns in A auf der Station B anzeigt, stehe hinter einem gewissen Secundenpunkt um 1 Linie entfernt, so entspricht dieser Linie $^1/_{12}$ Zeitsecunde. Man sieht unmittelbar, mit welcher Genauigkeit durch das Princip den Zeitunterschied in einen Raumunterschied zu verwandeln (und die Zeitbestimmung von der Verbindung der beiden Sinne Gesicht und Gehör unabhängig zu machen), die Zeitbestimmungen erhalten werden können. Uebrigens sind an den unmittelbar erhaltenen Resultaten noch verschiedene Correctionen erforderlich, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die Wichtigkeit des elektrischen Telegraphen zur Längenbestimmung ist die Veranlassung gewesen, mittels desselben die Meridiandifferenzen der hauptsächlichsten Sternwarten Europa's neu zu bestimmen.

Länge eines Sternes heisst der Bogen der Ekliptik zwischen dem Frühlingsnachtgleichenpunkte und dem Punkte, in welchem der durch den Stern gelegte Breitenkreis die Ekliptik schneidet. Durch

Länge und Breite ist der Ort eines Sternes am Himmelsgewölbe vollkommen bestimmt.

Heliocentrische Länge ist die Länge eines Sternes, wie sie einem Auge im Sonnenmittelpunkte erscheinen würde, geocentrische Länge diejenige, welche sich für einen Beobachter im Erdmittelpunkte darstellen würde.

Länge des aufsteigenden Knotens ist der Bogen zwischen dem Durchschnittspunkte der Bahnebene eines Planeten oder Kometen mit der Erdbahn und dem Frühlingspunkte. Länge des Planeten in seiner Bahn nennt man den Winkel am Sonnenmittelpunkte zwischen dem Radius vector des Planeten und dem aufsteigenden Knoten + der Länge des aufsteigenden Knotens. Diese Länge auf der Ekliptik gezählt, wird reducirte Länge des Planeten oder Länge des Planeten in der Ekliptik genannt. Nennt man den Winkel zwischen dem Radius vector des Planeten und dem aufsteigenden Knoten seiner Bahn a, die Länge des Perihels p, die Länge des aufsteigenden Knotens k, die wahre Anomalie v, so ist die Länge des Planeten in der Bahn $l = a + k = v + p$.

Länge, selenographische, bezeichnet für einen Punkt der Mondoberfläche genau dasselbe, was die geographische Länge für einen Punkt der Erdoberfläche besagt. Als ersten Meridian des Mondes nimmt man denjenigen, der bei mittlerer Libration (s. d.) durch die Mitte der sichtbaren Mondhemisphäre geht.

Lagrange, Joseph Louis Graf, einer der grössten Mathematiker aller Zeiten, geb. am 25. Januar 1736 zu Turin, gest. am 10. April 1813 zu Paris, wurde schon im 19. Jahre Professor der Mathematik an der Artillerieschule zu Turin, war von 1766 bis 1787 an Euler's Stelle Director der mathematischen Klasse der Berliner Akademie, ging dann als Mitglied der Pariser Akademie nach Paris und stieg dort zu den höchsten Ehrenstellen. Lagrange's Untersuchungen bilden das Fundament, auf dem Laplace fortbaute; unter Anderem führte er bei seinen Untersuchungen der gegenseitigen Störungen der Planeten die Methode ein, die Bahnen als Ellipsen mit veränderlichen Elementen zu betrachten; ebenso ist das Princip der virtuellen Geschwindigkeiten von ihm zuerst benutzt worden.

La Hire, Philippe de, geb. am 18. März 1640 zu Paris, gest. am 21. April 1718 ebenda. Anfangs Maler, widmete er sich später ganz der Astronomie, ward Professor der Mathematik am College royale und seit 1679 einige Jahre bei den geodätischen Vermessungen in Frankreich beschäftigt. La Hire stellte eine Menge astronomischer und meteorologischer Beobachtungen an, ebenso entwarf er eine auf eigenen Beobachtungen beruhende Mondkarte, die indess nicht publicirt wurde.

Lalande, Joseph Jérome le François de, berühmter Astronom, geb. am 11. Juli 1732 zu Bourg-en-Bresse, gest. am 4. April 1807 zu Paris, ward, kaum 19 Jahre alt, von der Pariser Akademie zur Bestimmung der Mondparallaxe nach Berlin gesandt, ward 1753 Mitglied der Pariser Akademie, 1761 Professor der Astronomie am Collège

de France, und 1768 Director der Pariser Sternwarte. Der unter seinem Namen als „Histoire céleste Françoise" erschienene grosse Sterncatalog gründet sich auf die Beobachtungen seines Neffen Michel Jean Jérome (geb. 1766, gest. 1839) und Burckhard's, und enthält 47,390 Sterne. Die Beobachtungen dazu wurden in den Jahren 1789 bis 1800 gemacht.

Lambert, Johann Heinrich, berühmter Mathematiker, geb. am 26. August 1728 zu Mühlhausen im Elsass, gest. am 25. September 1777 zu Berlin, war der Sohn eines armen Schneiders, Anfangs Commis, darauf Schreiber bei einem Professor in Basel, hiernach Hauslehrer beim Präsidenten v. Salis in Chur. Nachdem er mit seinen Zöglingen einen grossen Theil Mitteleuropa's bereist und in seiner Photometria die wissenschaftliche Photometrie begründet hatte, wurde er 1765 Mitglied der Berliner Akademie und Oberbaurath in Berlin. Lambert hat eine Menge tiefer mathematischer Abhandlungen und daneben verschiedene populäre Werke geschrieben, die sich eines grossen Beifalls erfreuten, so z. B. seine Cosmologischen Briefe.

Lamont, Johann v., geb. am 13. December 1805 zu Braemar in Schottland, wurde 1835 Conservator und 1852 Director der Sternwarte Bogenhausen bei München. Er wandte mit Glück die Kraft des grossen, den Dorpater übertreffenden Refractors der Sternwarte Bogenhausen zur Untersuchung der Nebelflecke und Sternhaufen an, und beschäftigte sich daneben lebhaft mit magnetischen Beobachtungen, bestimmte die magnetischen Constanten für eine grosse Zahl von Orten und verbesserte die magnetischen Instrumente und Beobachtungsmethoden.

Laplace, Pierre Simon, Marquis de, einer der berühmtesten Mathematiker, geb. am 28. März 1749 zu Beaumont-en-Ange im Departement Calvados, gest. am 5. März 1827 zu Paris, der Sohn eines Landmannes, war Anfangs Lehrer der Mathematik an der Militärschule seiner Vaterstadt, darauf in Paris Examinator beim Artilleriecorps und Lehrer an der Normalschule. Im Jahre 1799 erhob ihn Napoleon zum Minister des Innern, doch zeigte er sich dieser Stelle in keiner Weise gewachsen; 1803 ward er Kanzler des Erhaltungssenats. Napoleon, der ihn ungemein hoch schätzte, erhob ihn zum Grafen, Ludwig XVIII. zum Pair von Frankreich und 1817 zum Marquis. Von Charakter war Laplace kleinlich und empfindlich. Sein Hauptwerk, das seinen Namen noch den fernsten Zeiten zutragen wird, ist die „Mécanique céleste" in 5 Bänden, daneben die „Théorie analytique des probabilités". Als populäres Resumé der Arbeiten von Laplace kann im Allgemeinen das betrachtet werden, was in dem Artikel Störungen (auch Ebbe und Fluth) behandelt ist, weshalb hier darauf verwiesen wird, da ohnehin ein specielles Eingehen auf die zahlreichen streng mathematischen Abhandlungen dieses grossen Mathematikers hier nicht am Platze ist.

Laugier, Paul August Erneste, geb. am 22. December 1812 zu Paris, ward 1834 Eleve und später Adjunct der Pariser Sternwarte, Mitglied des Längenbureaus und Examinator an der École navale, sowie Mitglied der Akademie der Wissenschaften. Er entdeckte den

Kometen II. 1842, lieferte genauere Rotationselemente der Sonne und verschiedene astronomische Abhandlungen.

Lehmann, Jacob Wilhelm Heinrich, berühmter astronomischer Rechner, geb. am 3. Januar 1800 zu Potsdam, gest. am 17. Juli 1863 zu Berlin, zuerst Lehrer an den Gymnasien zu Berlin und Greifswalde, darauf Prediger zu Derwitz, hierauf (bis 1848) Assistent für astronomische Rechnungen bei Jacobi und Encke in Berlin, zuletzt Privatmann, lieferte Störungsrechnungen und genaue Untersuchungen über die mittlern Bahnelemente der Hauptplaneten und deren seculare Variationen.

Le Monnier, Pierre Charles, geb. am 23. November 1715 zu Paris, gest. am 2. April 1799 zu Héril bei Baïeux, war Professor am Collège de France und betheiligte sich bei der in Lappland ausgeführten Gradmessung.

Lepaute, Frau des Uhrmachers Jean André L., geborne Nicole-Reine Étable de la Brière, geb. am 5. Januar 1723 zu Paris, gest. am 6. December 1788 ebenda, tüchtige astronomische Rechnerin, die an Lalande's Ephemeriden und Clairaut's Störungsrechnungen des Halley'schen Kometen sich fleissig betheiligte.

Leslie, John, geb. am 16. April 1766 zu Largo in Schottland, gest. am 3. November 1832 zu Coates bei Largo, besuchte als Hofmeister und Reisebegleiter einen grossen Theil von Europa und Nordamerika, ward 1805 Professor der Mathematik und 1819 der Physik an der Universität zu Edinburgh.

Leverrier, Urbain Jean Joseph, berühmter Astronom, geb. am 11. März 1811 zu Saint-Lô im Departement La Manche, besuchte die polytechnische Schule zu Caen (wo er im Jahre 1829 im Examen durchfiel), ging dann nach Paris auf das Collège Louis-le-Grand, gewann einen mathematischen Preis und trat in die Pariser polytechnische Schule. Später als Ingenieur bei der Tabaks-Regie angestellt, verliess er diese Carrière bald wieder und ward Lehrer am Collège Stanislas. In dieser Stellung forderte ihn Arago auf, sich mit rechnender Astronomie zu beschäftigen. In Folge dessen berechnete Leverrier den Merkurdurchgang von 1845, sowie die Bahn des Faye-schen Kometen. Im Jahre 1845 begann er seine Untersuchungen über die Uranusbewegung und legte die letzten Resultate derselben der Pariser Akademie am 31. August 1846 vor. Hiernach wurden die Störungen des Uranus einem jenseits desselben stehenden Planeten zugeschrieben, dessen Ort Leverrier bestimmte und den in der That Galle am 23. September 1846 nahe der bezeichneten Stelle auffand. Damit war der Grundstein zu Leverrier's Ruhm gelegt, er wurde Mitglied der hervorragendsten Akademien, 1849 Mitglied der gesetzgebenden Versammlung, 1852 Senator, und nach Arago's Tode Director der Pariser Sternwarte. In dieser Stellung hat es Leverrier nicht verstanden, den Ruhm des Pariser Observatoriums als Anstalt für astronomische Beobachtungen zu heben, grosser Ehrgeiz und Heftigkeit machten ihn nach und nach einsam mitten in der Pariser Gelehrtenwelt; seine Verwaltung des Observatoriums wurde mit Recht heftig

getadelt, und da sich Leverrier hierdurch zu maasslosen Schritten hinreissen liess, wurde er 1870 von der Direction der Sternwarte suspendirt und diese Delauney übertragen. Leverrier's astronomische Untersuchungen gehören zu den wichtigsten und werthvollsten Arbeiten der Neuzeit; seine Sonnen- und Planetentafeln haben sich besonders in England allgemeinen Eingang erworben.

Lexell, Anders Johann, geb. am 24. December 1740 zu Abo, gest. am 30. November (a. St.) 1784 zu St. Petersburg, berühmter astronomischer Rechner, war Anfangs Docent der Mathematik an der Universität zu Abo, darauf, seit 1768, Professor der Mathematik in St. Petersburg. Seine Untersuchungen erstreckten sich hauptsächlich auf die Bahnbestimmung von Planeten und Kometen.

Libelle oder Wasserwage, auch Niveau genannt, ein wichtiges, für die practische Astronomie wie für die Geodäsie gleich unentbehrliches Hülfsinstrument, um die Horizontalität einer Richtung zu prüfen. Sie besteht aus einer hohlen, cylinderförmigen Glasröhre, die in der Richtung ihrer Länge schwach kreisförmig gekrümmt und bis auf eine kleine Luftblase mit Weingeist gefüllt ist. Diese Luftblase wird natürlich, wenn die Libelle genau horizontal gestellt ist, den höchsten Punkt der hohlen Glasröhre einnehmen. Stellt man daher die Libelle auf eine Ebene oder hängt sie mittels zweier Haken (z. B. an die Umdrehungsaxe des Meridianinstruments) auf, so kann man aus der Abweichung der Luftblase von dem (durch einen feinen Strich bezeichneten) höchsten Punkte der Libelle die Abweichung der betreffenden Ebene oder Richtung von der horizontalen erkennen und verbessern. Um sich bei dieser Verbesserung unabhängig von dem Fehler zu machen, den etwa der Mechaniker in der Angabe des höchsten Punktes der Libelle beging, verfahren die Astronomen in folgender Weise. Um z. B. die Horizontalität der Umdrehungsaxe des Meridianinstruments zu prüfen, wird die Libelle an diese Axe gehängt und der Theilstrich der Glasröhre bemerkt, bei dem die Blase stehen bleibt. Dann dreht man die Libelle herum, hängt sie in verkehrter Richtung abermals an die Axe und beachtet wieder, bei welchem Theilstriche die Blase stehen bleibt. Nun hebt oder senkt man mittels einer besonderen Schraube die Axe des Meridianinstruments, bis die Blase genau in der Mitte zwischen den beiden vorhin bemerkten Theilstrichen steht und kann dann überzeugt sein, dass die Axe des Instruments vollkommen horizontal steht.

Libration, Schwanken des Mondes, nennt man das periodische Sichtbarwerden und Wiederverschwinden gewisser Theile der uns im Allgemeinen abgewandten Seite des Mondes. Man unterscheidet eine Libration in Länge, eine Libration in Breite und eine parallaktische Libration. Die ersteren beiden rühren daher, dass die Umdrehung gleichmässig, die Bahnbewegung aber ungleichmässig ist, und beide nicht in derselben Ebene vor sich gehen. Die parallaktische Libration hängt ab von der Entfernung unseres Satelliten und den Dimensionen der Erde. Die auf folgender Seite stehende Fig. 38 zeigt, wie die Libration in Länge zu Stande kommt. Es sei E'

die Erde und M der Mond, der in seiner Erdnähe steht; alsdann ist a der Punkt, der von der Erde aus gesehen, sich in der Mitte der Mondscheibe befindet. Der Mond durchläuft während des vierten Theiles seiner Umlaufszeit, vom Perigäum aus den Bogen cc' seiner Bahn, der grösser ist als 90°, weil eben der Mond in der Erdnähe eine grössere Geschwindigkeit hat als seine mittlere. Da die Umdrehung der Mondkugel um ihre Axe durchaus gleichmässig stattfindet, so hat sich aber in der nämlichen Zeit die Mondkugel bloss 90° um ihre Axe gedreht. Von der Erde aus erblickt man daher nicht mehr den Punkt a, sondern vielmehr a' auf der Mitte der Mondscheibe, und a erscheint nach Osten verschoben. In M'' angelangt, hat der Mond die Hälfte seines Umlaufs vollbracht, gleichzeitig hat er aber auch die Hälfte einer ganzen Axendrehung vollendet; der Punkt a steht daher wieder mitten auf der Mondscheibe. Nachdem der Mond abermals ein Viertel seiner ganzen Umlaufsdauer gebrauchte, steht er in M'''. Der Bogen C''C''' ist kleiner als 90°, weil der Mond in diesem Theile seiner Bahn eine geringere Bewegung hat als seine mittlere. Dagegen beträgt die Drehung um seine Axe wieder genau 90°, und man erblickt von der Erde aus a'' auf der Mondmitte, a aber nach Westen verschoben. Nennt man l die Libration des Mondes in Länge, b dieselbe in Breite, L die wahre, und L' die mittlere Länge des Mondes, B seine Breite, so ist

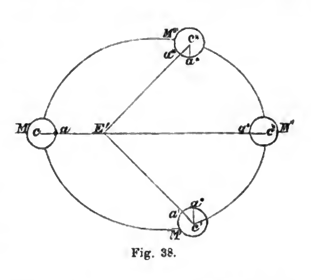


Fig. 38.

$$l = L - L'; \; b = -1{,}289 B.$$

Ist l positiv, so sind die Flecke des Mondes von West nach Ost verschoben, ist b positiv, so sind sie von Nord nach Süd versetzt, andernfalls findet das Umgekehrte statt.

Die Libration kann östlich und westlich auf 7° 53' der Mondkugel steigen, nördlich und südlich auf 6° 47', und unter dem 40. Grad nördlicher oder südlicher Breite auf 10° 24', so dass uns im Ganzen $^2/_{25}$ mehr als die Hälfte der Mondkugel dadurch zu Gesicht kommen.

Licht nennt man dasjenige, was die Erleuchtung der Körper bewirkt. Unter den Theorien über das Wesen des Lichtes haben sich lange die Emissionshypothese (welche annimmt, dass von den leuchtenden Körpern nach allen Seiten Theilchen einer ungemein feinen Materie fortgeschleudert werden) und die Undulationstheorie (welche in dem Lichte die Schwingungen eines ungemein feinen Fluidums, des Aethers erblickt) den Vorrang streitig gemacht. Gegenwärtig ist die Frage definitiv entschieden, und zwar zu Gunsten der Undulationstheorie. Bei der mathematischen Untersuchung der Art und Weise, wie das Licht beim Durchgange durch Linsen und Prismen gebrochen, oder von Spiegeln zurückgeworfen wird, bleibt man durchgängig unabhängig von jeder

Theorie über die Natur des Lichtes, und betrachtet das Licht als in einzelnen geraden Strahlen sich fortpflanzend. Eine speciellere Darstellung der einzelnen Phänomene, welche das Licht darbietet, gehört nicht hierhin, sondern in die Optik als selbständiger Theil der Wissenschaft. Die Brechung und Zurückwerfung des Lichtes, seine Polarisation etc. finden sich, soweit die betreffenden Erscheinungen für die Astronomie Bedeutung haben, in den Artikeln Absorption, Fernrohr, Linsenglas, Spiegeltelescop, Polarisation etc. Die Hauptlichtquelle für unsere Erde sowohl als für die übrigen Planeten ist die Sonne (s. d.), die ein im höchsten Stadium der Weissgluth befindlicher Körper ist. Das Licht der Fixsterne ist im Allgemeinen vom Sonnenlichte durch die Lage seiner dunklen (Fraunhofer'schen) Linien verschieden, worüber Näheres in dem Art. Fixsterne.

Das Licht pflanzt sich nicht momentan durch den Raum fort, sondern gebraucht dazu eine gewisse Zeit; die Geschwindigkeit des Lichtes ist eine sehr grosse, aber für unsere Hülfsmittel doch sehr wohl messbar.

Die erste Gelegenheit, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes zu messen, boten die Verfinsterungen der Jupitersmonde dar. Der Augenblick, in welchem einer dieser Monde in den Schatten seines Hauptplaneten tritt, lässt sich aus der Bewegung dieser Körper und der Grösse des vom Planeten Jupiter erzeugten Schattens berechnen. Die Beobachtung dieser Verfinsterungen ergab indess eine Verspätung gegen die Berechnung, die in dem Maasse wuchs, je mehr sich Jupiter und Erde von einander entfernten, die aber abnahm, wenn beide einander näher rückten. In der Nähe der Opposition des Jupiter findet sich für die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Verfinsterungen des ersten Mondes $42^h\ 28{,}6^m$, wenn dagegen Jupiter aus der Opposition wegrückt und die Bewegung der Erde gerade auf den Planeten hin gerichtet ist, so beträgt die Zwischenzeit 14,8 Secunden weniger, ist die Bewegung der Erde genau vom Jupiter abgerichtet, so beträgt sie ebenso viel mehr. In der Zeit von $42\frac{1}{2}$ Stunden nähert oder entfernt sich aber die Erde vom Jupiter in den beiden zuletzt betrachteten Punkte um 596,000 Meilen. Diesen Raum zu durchlaufen gebraucht das Licht 14,9 Secunden, seine Geschwindigkeit pro Secunde beträgt daher 40,000 Meilen. O. Römer war der Erste, der diesen richtigen Schluss zog; am 22. November 1675 legte er der Pariser Akademie eine Abhandlung vor, in welcher er nach seinen und Cassini's Beobachtungen zu dem Resultate kam, das Licht gebrauche 11 Minuten, um den Halbmesser der Erdbahn zu durchlaufen, was auf eine Geschwindigkeit von 30,000 Meilen pro Secunde führt. Die neuere Zeit hat natürlich genauere Resultate zu erlangen vermocht, und zwar ergiebt sich hiernach die Geschwindigkeit des Lichtes $\frac{1}{3}$ grösser, als sie Römer berechnete.

Die erste Bestätigung fand die Erklärung Römer's durch die grosse Entdeckung der Abirrung (s. d.) des Lichtes durch Bradley. In Folge der Combination der Geschwindigkeit des Lichtes und der Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, entstehen scheinbare Orts-

veränderungen der Fixsterne, über welche das Nähere in dem Artikel Abirrung des Lichtes nachzuschlagen. Bezeichnet a die grosse Axe der Aberrationsellipse, c die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn, l die Geschwindigkeit des Lichtes, so ergiebt sich:

$$l = \frac{c}{\text{tang } a}$$

Der Winkel a ist = 20,255″, c = 3,9 Meilen, daher l ungefähr = 40,000 Meilen, was mit dem oben angegebenen Werthe sehr nahe übereinstimmt.

Eine äusserst sinnreiche Methode, die Geschwindigkeit des Lichtes durch Beobachtung in kurzen Distanzen auf der Erde selbst zu ermitteln, hat Arago 1848 vorgeschlagen, indem er einen Drehspiegel anwandte, ähnlich wie Wheatstone einen solchen schon 1834 zur Ermittelung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektricität benutzte. Die Ausführung der Beobachtungen übernahm Fizeau, da Arago, wegen eines Augenleidens daran verhindert war. Dieser Physiker benutzte bei den Experimenten ein gezahntes Rad, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit genau messbar war. Bei einer Schnelligkeit von zehn Umdrehungen in der Secunde und in der Voraussetzung, dass jeder Zahn $^1/_{2000}$ des Umfanges vom Rade einnimmt, dauert für den Beobachter, der durch das Fernrohr nach dem Rande des Rades sieht, der Vorübergang eines Zahnes oder der gleich breiten Lücke zwischen zwei Zähnen nur $^1/_{20000}$ Secunde. Wird nun ein Lichtstrahl durch eine solche Lücke nach einem etwas über 1 Meile entfernten Gegenstand gesandt und von dort genau in der nämlichen Richtung reflectirt, so gebraucht er trotz seiner enormen Schnelligkeit doch mehr Zeit diesen Weg hin und zurück zu durchlaufen, als jene Lücke, um dem nächsten Zahne Platz zu machen. Der Lichtstrahl findet demnach auf seinem Rückgange zum Auge des Beobachters, zwischen sich und diesem letztern, den nächsten Zahn des rotirenden Rades, und ist deshalb nicht sichtbar. Fizeau's erste Versuche, bei denen das Licht auf dem Hin- und Rückwege 17,266 Meter durchlief, ergaben als Geschwindigkeit desselben pro Secunde 42,576 geographische Meilen. Später hat Faucault mit verbesserten Apparaten genauere Resultate erhalten und findet als Geschwindigkeit des Lichtes pro Secunde 40,230 Meilen.

Die chemische Wirkung des Lichtes auf gewisse Stoffe, wovon die Photographie einen so unerwartet grossen Vortheil gezogen hat, ist auch für die Astronomie wichtig, indem die Photographie gegenwärtig zur Darstellung der Oberflächen der Sonne und des Mondes benutzt wird, und auf diese Weise in kaum einer Secunde genauer dasjenige liefert, wozu die zeichnende Hand des Astronomen sonst Stunden, ja Jahre bedurfte.

Lichtgleichung heisst die durch die successive Fortpflanzung des Lichtes bedingte Correction, welche man an die berechneten Momente der Finsternisse der Jupitersmonde anbringen muss, um sie mit den Beobachtungen in Uebereinstimmung zu bringen. Vergl. d. Art. Licht.

Limbus wird der eingetheilte Rand der astronomischen Messinstrumente, z. B. der Quadranten, Theodolite etc. genannt.

Lindenau, Bernhard August von, geb. am 11. Juni 1780 zu Altenburg, gest. am 21. Mai 1854 ebenda, war Anfangs Assessor im Kammercollegium zu Altenburg, wandte sich aber der Astronomie zu und erhielt das Directorat der Sternwarte Seeberg, wo er bis 1817 blieb. In diesem Jahre wurde er Vicekammerpräsident, 1820 Geheimer Rath und Minister von Sachsen-Gotha, 1830 nach mehreren anderen Stellungen Königlich Sächsischer Cabinetsminister und später Präsident des Staatsministeriums, wovon er sich 1843 ins Privatleben zurückzog. Lindenau hat sich um die Fortschritte der Astronomie vielfach verdient gemacht; seine Tafeln des Merkur, der Venus und des Mars waren ihrer Zeit die besten. Mit Bohnenberger gab er eine Zeit lang die „Zeitschrift für Astronomie" heraus.

Linsengläser werden diejenigen kreisförmig begrenzten Gläser genannt, deren beide Oberflächen Kugelabschnitte sind. Man unterscheidet folgende Arten dieser Linsengläser:

1) convexconvexe oder biconvexe: auf beiden Seiten erhaben geschliffen;

2) planconvexe: auf einer Seite erhaben, auf der andern eben geschliffen;

3) concavconvexe: auf einer Seite erhaben, auf der andern hohl geschliffen;

4) planconcave: auf einer Seite hohl, auf der andern eben gegeschliffen;

5) convexconcave: auf einer Seite hohl, auf der andern erhaben schliffen;

6) concavconcave oder biconcave: auf beiden Seiten hohl geschliffen.

Ein Glas, dessen eine Oberfläche convex, während die andere concav und gleichzeitig der Halbmesser der erhabenen Seite der kleinere ist, wird Meniscus genannt. Die Gläser 1—3 werden Sammelgläser, die Gläser 4—6 Zerstreuungsgläser genannt.

Bei allen Linsen muss die Axe (d. h. die Linie, welche die Mittelpunkte der beiden Kugeln, von deren Oberflächen die Oberflächen der Linsen Theile sind, verbindet) durch die Mitte der Linse gehen. Der in der Richtung der Axe auffallende Lichtstrahl geht durchaus ungebrochen durch, diejenigen Strahlen, welche den Mittelpunkt der Linse schief treffen, werden bei nicht zu dicken Gläsern nur so wenig von der geraden Linie abgelenkt, dass man sie als ungebrochen durchgehend betrachten kann.

Wenn man ein Sammelglas (Brennglas) so gegen die Sonne hält, dass deren Strahlen sehr nahe senkrecht auffallen, so convergiren sie nach ihrem Durchgange durch das Glas gegen einen Punkt, den Brennpunkt, hin, in welchem ein kleines Sonnenbild von blendendem Glanze und grosser Hitze entsteht. Ueber den Brennpunkt hinaus divergiren die Strahlen wieder, wie man sich leicht überzeugen kann, wenn man sie auf einer weissen Fläche auffängt. Der Brennpunkt ist der Vereinigungspunkt der parallel mit der Axe auffallenden Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Sammellinse. Die Entfernung des Brenn-

punktes von dem nächsten Punkte der Linse wird Brennweite genannt. Wenn man ein Zerstreuungsglas gegen die Sonne hält, so erblickt man ein kleines Sonnenbild nahe vor dem Glase. Der Ort dieses Bildes in der Axe des Glases wird der negative Brennpunkt desselben genannt. Betrachten wir nun die Erscheinungen, welche die Sammel- und Zerstreuungsgläser darbieten, im Speciellen, so haben wir drei Fälle zu unterscheiden. Der Gegenstand, von welchem Lichtstrahlen auf die Linse fallen, befindet sich entweder innerhalb der Brennweite, oder im Brennpunkte oder ausserhalb der Brennweite. Wenn sich bei einem Sammelglase der Gegenstand innerhalb der Brennweite desselben befindet, so verhalten sich die Strahlen nach ihrem Durchgange durch das Glas so, als wenn sie von einem Gegenstande herkämen, der entfernter und grösser ist, als der wirkliche Gegenstand und mit diesem gleiche Stellung zur Axe hat. Ein Gegenstand, der innerhalb der Brennweite eines Sammelglases angebracht und durch dieses betrachtet wird, erscheint daher vergrössert, und hierauf beruht das Microscop. Man vergleiche auch Fernrohr. Befindet sich der Gegenstand im Brennpunkte selbst, so werden die Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Linse parallel und erzeugen erst in unendlich grosser Entfernung ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes. In gleicher Weise erzeugt ein als unendlich entfernt anzusehender Gegenstand (z. B. die Sonne), dessen Strahlen also parallel auf die Linse fallen, ein umgekehrtes Bild im Brennpunkte derselben. Ist der Gegenstand von der Linse so weit entfernt, dass seine Strahlen nur nahezu parallel auf dieselbe fallen, so vereinigen sich dieselben in einem Punkte, der nur wenig hinter dem Brennpunkte der Linse liegt, und hier entsteht ein umgekehrtes Bild des Gegenstandes, das man auf einem weissen Blatte Papier auffangen kann. Je mehr sich der Gegenstand der Linse nähert, um so mehr entfernt sich der Vereinigungspunkt seiner Strahlen nach ihrem Durchgange durch die Linse von deren Brennpunkte. Da eine Sammellinse von einem entfernten Gegenstande in der Nähe ihres Brennpunktes ein umgekehrtes, verkleinertes Bild erzeugt, so erzeugt sie von einem Gegenstande in der Nähe ihres Brennpunktes in grösserer Entfernung ein umgekehrtes vergrössertes Bild, eine Thatsache, wovon man sich leicht mittels eines gewöhnlichen Brennglases überzeugen kann, und auf der die Laterna magica und das Sonnenmicroscop beruhen. Nennt man allgemein e die Entfernung, g die Grösse des Gegenstandes, e' die Entfernung und g' die Grösse des Bildes, sowie b die Brennweite der Linse, so hat man:

$$\frac{1}{e'} = \frac{1}{b} - \frac{1}{e} \text{ und } g' = \frac{g \cdot b}{e - b}$$

Linse, achromatische, nennt man diejenige Linse, für welche die Brennpunkte der verschiedenfarbigen Strahlen zusammenfallen, welche also alle Gegenstände ohne farbige Ränder zeigt. Die Möglichkeit derartiger Linsen, welche Newton bezweifelte, beruht auf dem Umstande, dass die Dispersion der Körper nicht immer dem Brechungsvermögen proportional ist. So ist z. B. die Farbenzerstreuung beim Flintglase grösser als beim Crownglase, während die mittleren Brechungsexpo-

nenten beider Glasarten nicht in diesem Maasse verschieden sind. Wenn man daher mit einer Sammellinse von Crownglas eine passend gewählte Hohllinse von Flintglas verbindet, so kann man erreichen, dass beide gar keine Farbenzerstreuung hervorbringen, indem die Flintglaslinse die Farbenzerstreuung der Crownglaslinse compensirt; da aber Flintglas stärker farbenzerstreuend wirkt als Crownglas, so wird die Zerstreuungslinse von Flintglas nicht auch gleichzeitig die Brechung der Strahlen in der Crownglaslinse conpensiren können, beide Linsen vereinigt wirken daher noch wie eine Sammellinse, aber ohne Farbenzerstreuung. Vergl. den Art. Fernrohr.

Lippershey, Hans, geb. zu Wesel, gest. 1619 zu Middelburg auf Zeeland, wo er Brillenmacher war, ist wahrscheinlich der Erfinder des Fernrohrs, wenigstens der Erste, von dem man sicher weiss, dass er ein Fernrohr (mit Linsen von Bergkrystall) am 2. October 1608 den Generalstaaten von Holland übersandte. Vergl. d. Art. Fernrohr.

Littrow, Joseph Johann, Edler von, verdienter Astronom, geb. am 13. März 1781 zu Bischof-Teinitz in Böhmen, gest. am 30. Novbr. 1840 zu Wien, war Anfangs Hofmeister beim Grafen Rénard in Schlesien, ward 1807 Professor der Astronomie an der Universität zu Krakau, ging 1810 in gleicher Stellung nach Kasan, ward 1816 Vicedirector der Sternwarte zu Ofen, 1819 Professor der Astronomie und Director der Sternwarte zu Wien, sowie 1837 in den Adelstand erhoben. Unter seinen Werken nimmt die „Theoretische und practische Astronomie" den ersten Rang ein; seine populäre Astronomie „Wunder des Himmels", hat verdienten Beifall gefunden und ist durch ihre klare, ansprechende Darstellung zu einem Lieblingsbuche des Deutschen Volkes geworden.

Littrow, Karl Ludwig, Edler von, Sohn des vorigen, geb. am 18. Juli 1811 zu Kasan, war seit 1831 Assistent, wurde dann seit dem Tode seines Vaters Director der Sternwarte in Wien und Professor der Astronomie an der dortigen Universität, ein vielseitig thätiger Gelehrter, dessen Arbeiten sich in den „Annalen der Wiener Sternwarte" und in den „Astronomischen Nachrichten finden.

Lohrmann, Wilhelm Gotthelf, geb. am 31. Januar 1796 zu Dresden, gest. am 20. Februar 1840 ebenda, war seit 1827 Oberinspector der mathematischen Salons in Dresden, und beschäftigte sich fast ausschliesslich mit Herstellung einer ganz auf eignen Beobachtungen beruhenden Mondkarte und Mondtopographie. Leider ist von dieser ausgezeichneten Arbeit nur eine Abtheilung (1824) erschienen, doch steht zu hoffen, dass F. J. Schmidt in Athen das Unternehmen vollenden wird.

Loys, Charles de, Herr von Chéseaux und Lavoui, geb. 1730 zu Lausanne, gest. am 29. August 1789 ebenda, machte zuerst auf die Absorption (s. d.) des Lichtes beim Durchgange durch den Weltraum aufmerksam, und verfasste eine chronologische Geschichte der Physik von 1589—1685.

Luft, s. Atmosphäre.

Lunation, Mondwechsel, die Zeit, in welcher der Mond die ganze Reihe seiner Phasen durchmacht, oder auch die Reihe der Phasen selbst.

Luther, Karl Theodor Robert, geb. am 16. April 1822, arbeitete zuerst auf den Sternwarten zu Breslau und Berlin, und ward 1851 als Director der kleinen Sternwarte nach Bilk bei Düsseldorf berufen. Hier entdeckte er 18 der kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter; viele Rechnungen und Beobachtungen von ihm in den „Astronomischen Nachrichten".

Machin, John, war Professor der Astronomie am Gresham College in London, und starb am 9. Juni 1751 ebenda. Er berechnete u. a. die Zahl π bis auf 100 Decimalstellen.

Maedler, Johann Heinrich von, geb. am 29. Mai 1794 zu Berlin, verlor früh seine Eltern und widmete sich anfänglich dem Lehrerstande. Seine Vorliebe für Astronomie vermochte ihn, alle freie Zeit auf das Studium dieser Wissenschaft zu verwenden. Mit Beer lieferte er im Jahre 1836 die berühmte Mondkarte und eine genaue Topographie des Mondes, nachdem beide Beobachter schon früher Arbeiten über den Planeten Mars geliefert hatten, welche Aufsehen erregten. Im Jahre 1836 bei der Berliner Sternwarte angestellt, folgte er 1840 einem Rufe als Director der Sternwarte in Dorpat, wo er wichtige Untersuchungen über die Fixsternsysteme anstellte und zu dem Resultate gelangte, in den Plejaden den Centralpunkt unsers ganzen Fixsternsystems zu erblicken. Seit 1866, durch ein heftiges Augenleiden gezwungen, legte er seine Stellung nieder und lebt seitdem in Bonn.

Mahler, Franz Joseph, geb. am 12. August 1795 zu Staufen im Allgau, gest. am 21. Juni 1845 zu München, war erst Mechaniker, dann Mitbesitzer des berühmten, vordem von Fraunhofer geleiteten optischen Instituts in München. Er lieferte u. a. den $10\frac{1}{2}$zölligen Refractor der Sternwarte zu Bogenhausen bei München, sowie die 14zölligen Refractore für Pulkowa und Boston.

Malus, Etienne Louis, geb, am 23. Juni 1775 zu Paris, gest. am 23. Februar 1812 ebenda, war Anfangs (1794—96) Schüler der polytechnischen Schule zu Paris, trat dann (1796) als Unterlieutenant in das Französische Geniecorps ein, machte 1798 den Feldzug nach Egypten mit, erkrankte an der Pest, überstand diese schreckliche Krankheit, fiel aber ihren Folgen später, und viel zu früh für die Wissenschaft, zum Opfer. Malus hat seinen Namen verewigt durch die Entdeckung der Lichtpolarisation durch Reflexion.

Maraldi, Giacomo Filippo, geb. am 21. August 1665 zu Perinaldo bei Nizza, gest. am 1. December 1729 zu Paris, ward 1687 von G. D. Cassini nach Paris berufen, wo er 1702 Mitglied der Akademie der Wissenschaft wurde. Maraldi war ein fleissiger astronomischer Beobachter, er bestimmte die Rotation des Mars zu $24^h\ 39^m$, beschäftigte sich mit den Bewegungen der Jupitersmonde und nahm Theil an der französischen Gradmessung.

Mariotte, Edme, geb. zu Bourgogne, gest. am 12. Mai 1684 zu

Paris, war Prior von St. Martin sous Beaune bei Dijon, ist der Entdecker des nach ihm benannten (bei höhern Pressionen aber ungültigen) Gesetzes über den Zusammenhang zwischen dem Volumen der Gase und dem Druck, dem sie ausgesetzt sind.

Mars heisst der Planet, dessen Bahn die Erdbahn zunächst umschliesst, er ist demnach der erste der oberen Planeten. Sein astronomisches Zeichen ist ♂. Mars glänzt als Stern erster Grösse mit intensiv rothem Lichte, weshalb er bei den Griechen „der Feurige" hiess. Er kann sich unserer Erde bis auf 8 Millionen Meilen nähern, aber auch auf 54 Millionen Meilen von ihr entfernen.

Die Elemente seiner Bahn (für das Jahr 1800) sind:

Halbe grosse Axe: 1,52369 der mittlern Distanz der Erde von der Sonne, oder $30^1/_5$ Millionen Meilen.

Siderische Umlaufszeit: 686 Tage 23 Stunden 30 Minuten 41 Secunden.

Excentricität der Bahn: 0,0932167.

Neigung der Bahn gegen die Erdbahn: $1^0\ 51'\ 6''$.

Länge des Perihels: $332^0\ 22'\ 54''$.

Länge des aufsteigenden Knotens: $48^0\ 0'\ 46''$.

Die Excentricität nimmt in 100 Jahren um 0,000091 zu, die Neigung der Bahn in derselben Zeit um 2,3'' ab. Das Perihel rückt tropisch jährlich 66,02'' vor und der aufsteigende Knoten um 27,86''.

Der Aequatorialdurchmesser des Mars beträgt nach den Messungen von Bessel 9,38'', nach Kaiser 9,52'', was auf 910 bis 920 Meilen wahren Durchmesser führt. Eine Abplattung dieses Planeten vermochten weder Bessel noch Winnecke oder Kaiser wahrzunehmen. Die Rotationsdauer des Mars beträgt $24^h\ 37^m\ 23^s$, und die Neigung des Marsäquators gegen seine Bahn, oder die Schiefe seiner Ekliptik ist $27^0\ 16'$, also nicht viel von derjenigen unserer Erde verschieden. Die Masse des Planeten beträgt $^1/_{3000000}$ der Sonnenmasse, sein Volum $^1/_7$ von jenem unserer Erde und seine mittlere Dichte etwa $^3/_4$ von der mittleren Dichte unseres Planeten.

Mars kommt uns unter allen Hauptplaneten am besten zu Gesichte, Beobachtungen seiner physischen Eigenthümlichkeiten sind daher auch von besonderem Erfolge begleitet. In der That hat schon W. Herschel eine kleine Weltkarte des Mars entworfen und in den spätern Zeichnungen von Beer und Mädler, sowie von Secchi und Browning erkennt man in allgemeinen Zügen die Continente und Meere jenes entfernten Himmelskörpers, sowie die Schnee- und Eismassen an seinen beiden Umdrehungspolen. Dass man es hier thatsächlich mit Schnee- und Eismassen zu thun hat, ergiebt sich aus den Beobachtungen, welche zeigen, dass jene weissen Flecke in dem Maasse an Ausdehnung verlieren, als der betreffende Pol der Mitte seines Sommers entgegenrückt. Nach den Beobachtungen von Beer und Mädler zeigte der Südpolfleck des Mars im Jahre 1830 folgende Ausdehnungen in Graden der Marskugel, d. h. bis zu dem betreffenden Parallelkreise der Oberfläche dieses Planeten:

31. August	(der auf Mars dem	16. Juni entspricht)	bis 83° 37′	südl. Br.
10. Septbr.	(„ „ „ „	23. „ „)	„ 84 15	„ „
15. „	(„ „ „ „	26. „ „)	„ 86 25	„ „
2. Octbr.	(„ „ „ „	7. Juli „)	„ 86 50	„ „
5. „	(„ „ „ „	9. „ „)	„ 87 7	„ „
20. „	(„ „ „ „	19. „ „)	„ 85 59	„ „

Im Jahre 1837, während seines Winters, hatte sich der Südpolfleck so weit über die Kugel des Planeten verbreitet, dass er noch wahrgenommen werden konnte, obgleich der Pol des Mars 18° jenseits des Randes lag, was auf etwa 55° südl. Br. als äusserste Grenze und auf einen Durchmesser des Polarflecks von etwa 70° führt.

Der Nordpolfleck zeigte folgende Ausdehnungen:

1837	Januar 12.	(entsprechend dem 4. Mai des Mars)	74° 18′	n. Br.
	März 7.	(„ „ 4. Juni „ „)	76	„ „
1839	Februar 26.	(„ „ 17. „ „ „)	78 33	„ „
	April 1.	(„ „ 4. Juli „ „)	80 48	„ „
	„ 16.	(„ „ 12. „ „ „)	82 20	„ „
	Mai 1.	(„ „ 20. „ „ „)	81	„ „

Die Ausdehnung des Nordpolflecks während seines Winters kam niemals derjenigen der südlichen Eiszone auch nur annähernd gleich. Die Variationen des Südpolflecks sind demzufolge nach beiden Grenzen hin beträchtlich grösser als die des Nordpolflecks.

Die Centra der beiden weissen Polarflecke fallen nicht genau mit den Polen des Mars zusammen, auch stehen sie einander nicht gegenüber. Demnach scheinen für den Mars ebensowohl als für die Erde besondere Kältepole zu existiren, die mit den Umdrehungspolen nicht coincidiren. Schon Maraldi war auf diese excentrische Stellung durch die wahrgenommene Veränderlichkeit im Glanze der Schneezonen gekommen und Herschel bestätigte dieselbe. Beer und Mädler versuchten 1837 die Position des Mittelpunktes vom nördlichen Polarflecke genauer zu bestimmen und kamen zu dem Resultate, dass derselbe etwa 4° vom wahren Nordpole abstehe. Für die Mitte des südlichen Flecks fand Linsser 1862 70° südlicher Breite und 30° westlicher Länge von dem Flecke a.

Bei der Opposition von 1858 fand Secchi in Rom die Eiszonen des Mars in seinem grossen Instrumente von einer ungemein dicken und zusammengerollten Form. Nach diesem Beobachter haben zur Zeit, wenn einer der Pole seinen Sommer hat, die vordem weissen Regionen der Planetenkugel eine rosige Farbe angenommen, während gewisse bläuliche Steifen nicht merklich ihre Form geändert haben.

Alle diese Beobachtungen beweisen einstimmig die Existenz nicht allein von starren und flüssigen Massen auf der Oberfläche des Mars, sondern auch die Anwesenheit von Wasser, das die nämliche chemische Zusammensetzung wie unser irdisches besitzt, sowie ferner die Existenz einer atmosphärischen Umhüllung jenes Planeten, die nicht bedeutend von jener unserer Erde sich unterscheiden mag.

Schon der Umstand, dass die festen Oberflächentheile des Mars

nach Beer und Mädler bestimmter, gesonderter und intensiver in ihrem Sommer, formloser, bleicher und verwaschener in ihrem Winter erscheinen, lässt auf verschiedene Diaphanitätszustände der Marsatmosphäre schliessen, wie sie in ähnlicher Weise auch bei der unserigen stattfinden.

Wolkenartige Gebilde können bei der verhältnissmässig grossen Entfernung des Planeten nur unter seltenen Umständen für uns sichtbar werden, und in der That hat Herschel im Verlaufe seiner Beobachtungen nur einige Male Andeutungen von dergleichen wahrnehmen können.

Am 16. October 1862 sah Linsser auf der südlichen Hemisphäre des Mars einen intensiv weissen, glänzenden Streifen, höchst wahrscheinlich atmosphärischen Ursprunges, der an Helligkeit fast den Schneezonen gleich kam.

Unter allen Weltkörpern, die wir genauer kennen, ist Mars derjenige, welcher in physischer Beziehung unserer Erde am meisten ähnlich ist.

Maskelyne, Nevil, geb. am 5. October 1732 (a. St.) zu London, gest. am 9. Februar 1811 zu Greenwich, machte 1761 und 1763 wissenschaftliche Reisen nach St. Helena und Barbados, und ward 1765 Nachfolger von Bliss im Directorate der Sternwarte zu Greenwich.

Mason, Charles, war Anfangs Gehülfe von Bradley auf der Sternwarte zu Greenwich und ging später mit Dixon nach Pennsylvanien, wo beide eine Gradmessung ausführten, wobei die Distanzen direct mit der Kette gemessen wurden. Er starb im Februar 1787 in Pennsylvanien.

Masse eines Körpers bezeichnet die Menge seiner materiellen Bestandtheile. Unter der Masse eines Himmelskörpers versteht man nichts Anderes als unter dem Gewichte eines irdischen Körpers, den wir auf einer Waage wiegen können, nämlich die Menge seiner materiellen Bestandtheile in dem zugehörigen Volumen. Wie man die Massen des Planeten finden kann, findet sich in dem Artikel Gravitation angedeutet. Ueber die Beziehungen zwischen Masse, Volum und Dichte vergl. Dichte.

Mauerquadrant, ein einst auf den Sternwarten sehr gebräuchliches Instrument, welches in der Ebene des Meridians aufgestellt war, um die Gestirne bei ihrer Culmination zu beobachten. Dasselbe bestand aus einem Viertelkreisbogen (Quadrant) von Metall. Die von dem Bogen umschlossene innere Fläche war durch starke eiserne Stäbe und Stangen abgetrennt, so dass das Ganze eine fest verbundene Masse bildete. Schrauben befestigten das Instrument an einer in der Ebene des Meridians errichteten Mauer. Ein Fernrohr bewegte sich um den Mittelpunkt des Quadranten, so dass der Winkel, den es mit der Senkrechten macht, auf dem Limbus mittels eines Verniers abgelesen werden konnte. Die Richtung der Senkrechten wird durch ein an einem Faden befestigtes Gewicht angegeben, das in einem mit Wasser gefüllten Gefässe spielt.

Tycho war der Erste, der den Mauerquadranten zu seinen Beob-

achtungen benutzte, weshalb letzterer auch Quadrans Tychonicus genannt wird. Indess ist man mit Recht bei den neueren Beobachtungen von diesem Instrumente wieder abgegangen, da es besonders wegen seiner Grösse und Schwerfälligkeit eine Menge von Fehlern involvirt, die man bei anderen Instrumenten vermeiden kann.

Maupertuis, Pierre Louis Moreau de, geb. am 17. Juli 1698 zu St. Malo, gest. am 27. Juli 1759 zu Basel, ein seiner Zeit hoch angesehener Gelehrter und Freund Friedrichs des Grossen. Er ward, nachdem er erst Dragoner-Officier in der Französischen Armee gewesen und darauf in Paris als Privatgelehrter lebte, 1736 zur Messung eines Gradbogens nach Lappland gesandt, welche Arbeit er (jedoch wie sich später ergab, sehr unvollkommen) ausführte. Im Jahre 1741 berief ihn Friedrich der Grosse als Präsident der physikalischen Klasse der Pariser Akademie nach Berlin, wo er bis 1753 blieb und dann nach Frankreich zurückkehrte.

Mauvais, Felix Victor, geb. am 7. März 1809 zu Ramboy, erschoss sich am 23. März 1854 zu Paris, nachdem er wegen seiner republikanischen Gesinnungen seiner Stelle an der Pariser Sternwarte und am Längenbureau entsetzt worden. Mauvais entdeckte die Kometen II. 1843, II. 1844 und III. 1847.

Mayer, Andreas, geb. am 8. Juni 1716 zu Augsburg, gest. am 20. December 1782 zu Greifswalde, wo er Professor der Physik und Mathematik an der Universität war.

Mayer, Christian, geb. am 20. August 1719 zu Mesritz in Mähren, gest. am 16. April 1783 zu Mannheim, war Anfangs Lehrer der Mathematik zu Aschaffenburg, darauf Professor der Mathematik und Physik zu Heidelberg und zuletzt Director der Sternwarte in Mannheim. Er beobachtete den Venusdurchgang von 1769 zu Petersburg, machte sich aber hauptsächlich durch seine Doppelsternbeobachtungen und die Schlüsse welche er daraus zog, bekannt.

Mayer, Johann Tobias, einer der berühmtesten Astronomen seiner Zeit, geb. am 17. Februar 1723 zu Marbach in Württemberg, gest. am 20. Februar 1762 zu Göttingen, musste sich im Kampfe mit ungünstigen Verhältnissen durch Selbststudium in die Astronomie einführen, wurde dann, nachdem er bei Hamann in Nürnberg als Mitarbeiter an dessen geographischem Institut angestellt gewesen, 1751 Professor der Mathematik zu Göttingen. Mayer war einer der genauesten und fleissigsten Beobachter seiner Zeit, er erfand die Methode der Repetition bei den Winkelbeobachtungen, lieferte eine zwar kleine aber genaue, und nur auf eignen Messungen beruhende Mondkarte, und gab die ersten vollständigen Tafeln der Mondbewegung, für welche seine Familie 20,000 Thlr. von dem Englischen Parlamente erhielt.

Mayer, Julius Robert, der Entdecker des mechanischen Wärmeaequivalents, geb. am 25. November 1814 zu Heilbronn, machte als Schiffsarzt eine Reise nach Java und ward später Stadtarzt in Heilbronn.

Mechanik bezeichnet die Lehre von der Bewegung und den Kräften als Ursachen derselben. Die Astronomie beschäftigts ich hauptsächlich nur

mit den Bewegungen der Himmelskörper und den Kräften, welche diese bedingen; der Theil der Mechanik, welcher hier hauptsächlich in Anwendung kommt, führt den bezeichnenden Namen „Mechanik des Himmels".

Melloni, Macedonio, berühmter Physiker, geb. am 16. April 1798 zu Parma, gest. an der Cholera am 11. August 1854 zu Portici, war von 1824 bis 1831 Professor der Physik an der Universität zu Parma, musste dann wegen seiner Betheiligung an der Revolution nach Paris flüchten, wo er bis 1839 lebte, in welchem Jahre er als Director des Conservatoriums der Künste und Gewerbe nach Neapel berufen wurde und gleichzeitig bis 1848 das meteorologische Observatorium auf dem Vesuv leitete. Melloni hat seinen Namen hauptsächlich durch seine Untersuchungen über die Diathermansie verewigt; auch war er der Erste, der mit Sicherheit die Wämewirkung der Mondstrahlen nachwies.

Mercur ist der Name des der Sonne am nächsten stehenden Planeten, dessen astronomisches Zeichen ☿ ist. Wegen seiner grossen Nähe bei der Sonne entfernt er sich für unsern Anblick nie weit von dieser, höchstens $28\frac{1}{2}^0$ und erscheint daher nur kurze Zeit in der Abend- oder Morgendämmerung, mit weissem, stark funkelndem Lichte glänzend. Seine Bahnelemente (für 1800) sind:

Mittlere Entfernung von der Sonne 0,387099 der mittleren Distanz der Erde von der Sonne oder $7\frac{3}{4}$ Millionen Meilen.

Siderische Umlaufszeit: 87 Tage 23 Stunden 15 Minuten 44 Secunden.

Excentricität der Bahn: 0,205600.

Neigung der Bahn gegen die Ebene der Erdbahn: $7^0\ 0'\ 5''$.

Länge des Perihels: $74^0\ 20'\ 41''$.

Länge des aufsteigenden Knotens: $45^0\ 57'\ 39''$.

Die Excentricität nimmt in 100 Jahren um 0,0000205, die Neigung der Bahn um 7,6″ zu.

Die Länge des Perihels nimmt tropisch jährlich um 55,52″, die Länge des aufsteigenden Knotens tropisch um 42,70″ zu.

Die Entfernung des Mercur von unserer Erde variirt zwischen 10 und 29 Millionen Meilen. Sein scheinbarer Durchmesser beträgt für die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne nach Bessel 6,7″ oder 644 geographische Meilen. Eine Abplattung ist bis jetzt nicht wahrgenommen worden. Die Masse dieses Planeten beträgt etwa $^1/_{3300000}$ der Sonnenmasse, seine Dichte also im Mittel 1,6 von der Dichte der Erde; doch ist die Mercurmasse noch keineswegs genau bestimmt. Mercur zeigt Phasen wie der Mond.

Ueber die individuellen Eigenthümlichkeiten des Mercur weiss man nur sehr wenig. Schröter und Harding glaubten im Jahre 1801 Flecke und einen dunklen Streifen auf der Mercurscheibe wahrzunehmen; auch bestimmten sie aus dem periodischen Wiedererscheinen einer abgestumpften Form des südlichen Horns der sichelartigen Gestalt des Planeten, seine Umdrehungszeit zu $24^h\ 5\frac{1}{2}^m$, eine Bestimmung, die sehr unsicher ist. Beer und Mädler fanden im September 1832 die Lichtgränze der Mercursichel verwaschen und die Breite des er-

leuchteten Theiles $^1/_7$ kleiner, als sie der Rechnung nach sein sollte. Sie schliessen daraus auf eine dichte Atmosphäre und eine gebirgige Oberfläche dieses Planeten.

Ueber die Durchgänge des Mercur vor der Sonnenscheibe siehe Durchgang.

Meridian oder Mittagskreis eines Ortes auf der Erdoberfläche, wird der grösste Kreis um die Erdkugel genannt, den man sich durch die beiden Umdrehungspole und den betreffenden Ort gelegt denken kann. Der Meridian schneidet den Horizont im Nord- und Südpunkte und die, beide Punkte verbindende gerade Linie wird Mittagslinie genannt. Alle Orte, welche unter einerlei Meridian liegen, haben in demselben Augenblicke Mittag. Die Gestirne erreichen im Meridian ihre grösste Höhe über dem Horizonte und haben in demselben Augenblicke die Hälfte ihres Tagebogens zurückgelegt. Der Winkel, unter welchem sich zwei Meridiane schneiden, heisst Meridiandifferenz. Als ersten Meridian betrachtet man in Deutschland meist den durch die Insel Ferro gehenden, in Frankreich den Meridian von Paris, in England den von Greenwich. Vgl. Länge, geographische.

Meridiankreis, das Hauptinstrument der neuern astronomischen Beobachter. Die Figur 39, Seite 328, stellt einen solchen Meridiankreis, wie ihn Reichenbach verfertigte, vor und gebe ich, bei der Wichtigkeit des Gegenstandes, eine ausführliche Beschreibung desselben nach Littrow.

Man bemerkt in der Zeichnung die auf den beiden Pfeilern P und Q ruhende, horizontale Drehungsaxe AB, in deren Mitte das darauf senkrechte Fernrohr CD angebracht ist. Die beiden Enden A und B dieser Drehungsaxe sind mit ihren Pfeilern durch zwei Metallstücke in Verbindung, deren jedes aus zwei starken Platten besteht. Die erste, dem Pfeiler nächste Platte, ist unmittelbar an dem Pfeiler fest, und die andere, welche die eigentlichen Lager trägt, auf welchen die cylindrischen Enden der Rotationsaxe aufliegen, lassen sich an den ersten Platten durch Schrauben bewegen, und zwar die Eine auf und nieder, um dadurch die Rotationsaxe mittels der Libelle horizontal zu stellen und die Andere im Horizonte vor- und rückwärts, um dadurch diese Axe senkrecht auf den Meridian oder das Fernrohr CD in die Ebene des Meridians zu bringen. An dem einen Ende der Rotationsaxe sind zwei concentrische, zu dieser Axe senkrechte Kreise angebracht. Die Peripherie dieser beiden in einer Ebene liegenden Kreise sind einander so nahe, dass sie sich beinahe berühren und dass ein unbewaffnetes Auge nur mit Mühe die Gränze unterscheidet, die sie von einander trennt. Der grössere oder äussere dieser beiden Kreise ist an seinem mit Silber eingelegten Limbus in Grade und Minuten eingetheilt und dieser Kreis ist mit der Rotationsaxe fest und unveränderlich verbunden, so dass er sich, wie das Fernrohr, zugleich mit dieser Axe dreht. Der kleinere oder innere Kreis, der auch die Alhidade genannt wird, trägt an vier Orten seines Limbus, von welchen Orten je zwei einander gegenüber stehen, einen Vernier, um dadurch, wie wir weiter unten sehen werden, die Minuten des andern Kreises

noch weiter unterzutheilen, so dass man jetzt mit Hülfe beider Kreise unmittelbar zwei Secunden lesen und selbst die einzelne Secunde meistens noch mit Sicherheit schätzen kann. Dieser zweite Kreis oder die Alhidade ist nicht wie der erste, an der Drehungsaxe AB, sondern er ist an dem Pfeiler P befestigt, und bleibt daher, auch während der Drehung des ersten Kreises, fest und unveränderlich stehen. Die Oeffnung im Mittelpunkte dieser Alhidade ist nämlich etwas grösser, als das Ende A der Umdrehungsaxe, damit diese frei durch jene

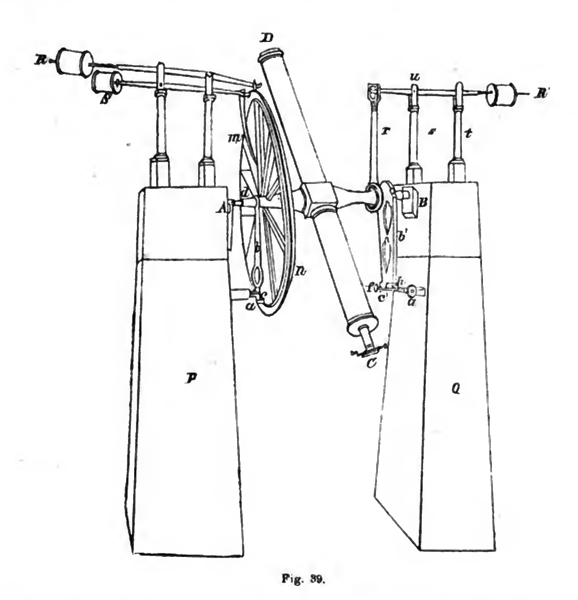


Fig. 39.

Oeffnung gehen kann. Die Befestigung der Alhidade an dem Pfeiler aber wird durch die starke metallene Vorrichtung ab bewirkt. Der Theil a dieser Vorrichtung ist ein starkes, in den Pfeiler fest eingemachtes Eisenstück, und der Theil b ist eine solide Platte von Messing, die an ihrem obersten Theile mit dem Mittelpunkte der Alhidade durch Schrauben fest verbunden ist. Beide Theile sind bei c mit einander durch eine feine Schraube in Verbindung gebracht. Um sich von der unveränderlichen Lage der Alhidade zu versichern, wird an die Speichen derselben, bei d, eine Libelle befestigt. Wenn sich diese Libelle durch irgend eine kleine Verstellung der Alhidade ändert, so wird, durch die

erwähnte feine Schraube bei c, die Alhidade in ihrer Ebene bewegt, bis die Blase jener Libelle wieder den früheren Ort, also auch die Alhidade selbst wieder ihre erste Stelle einnimmt.

Eine ähnliche Vorrichtung hat man auch an dem andern Ende B der Rotationsaxe. Man sieht hier das in dem Pfeiler Q befestigte Eisenstück a', und die solide Platte b' von Messing. Diese Platte umgiebt in ihrem obern Theile bei d' die Rotationsaxe frei, so dass diese ungehindert durch die etwas grössere Oeffnung der Platte gehen kann. Allein durch die Mitte dieser Platte und längs der Richtung c' d' geht eine metallenene Stange, deren unteres Ende bei c' in eine Schraubenmutter läuft, und mit einer granulirten kleinen Scheibe versehen ist, die man bei h sieht und mittels welcher man jene Stange bequem drehen kann. Bewegt man diese Schraube h rückwärts, so geht das obere Ende d' der Stange herab und lässt die Rotationsaxe ganz frei, daher man jetzt diese Axe mit dem Fernrohre und dem an sie befestigten äusseren Kreise frei drehen, und das Fernrohr nahe auf den eben zu beobachtenden Stern so stellen kann, dass er wenigstens in dem Felde des Fernrohrs erscheine. Hat man dies erlangt, so wird man nun noch das Fernrohr sammt seinem äusseren Kreise etwas wenig sanft bewegen müssen, um nun auch den horizontalen Faden im Brennpunkte des Fernrohrs (vergl. oben) ganz genau auf das Gestirn zu stellen. Um dies mit Sicherheit zu bewirken, schraubt man zuerst die Stange durch ihre verticale Schraube h wieder aufwärts, wodurch der obere Theil d' dieser Stange an die Rotationsaxe angedrückt und dadurch diese Axe, sammt Kreis und Fernrohr, gleichsam festgestellt wird, und jetzt kann man, mittels einer anderen feinen, horizontalen Schraube fc', deren granulirte Scheibe bei f ist, die Platte c'd', also auch die jetzt an sie gleichsam befestigte Rotationsaxe sehr sanft und so lange bewegen, bis der Stern von dem horizontalen Faden des Fernrohrs bedeckt wird. In diesem Zustande liest man den Ort der vier Verniere der Alhidade an dem äussern Kreise ab, und das Mittel aus diesen vier Ablesungen giebt die gesuchte, beobachtete Höhe des Sterns.

Bei der vorhergehenden Beschreibung des Meridiankreises sind mehrere kleine Einrichtungen, der Kürze und der leichteren Uebersicht wegen, übergangen worden, die von der Umsicht und dem Scharfsinn des Künstlers an dem Instrumente angebracht wurden, um dadurch die Sicherheit und Bequemlichkeit der Beobachtungen zu erhöhen. Hier mögen die beiden folgenden Bemerkungen, als ein ergänzender Nachtrag des Vorhergehenden, genügen. Erstens ist die Rotationsaxe ihrer Länge nach, und auch der Pfeiler in der Richtung dieser Axe ausgehöhlt, um durch eine, an der andern Seite des Pfeilers aufgestellte Lampe das Innere des Fernrohrs zu erhellen, und die feinen Fäden im Brennpunkte desselben, während der nächtlichen Beobachtungen sichtbar zu machen. Zweitens ist es nicht genug, dass ein Instrument irgend einer Art blos so gut als möglich aus der Hand des Künstlers hervorgeht, es muss auch für längere Zeit, für viele Jahre, in seinem ersten guten Zustande bleiben, ohne sich zu früh abzunutzen.

und dadurch unbrauchbar zu werden. Vor Allem wird es nöthig sein, dafür zu sorgen, dass die cylindrischen Enden A und B der Rotationsaxe durch das grosse Gewicht des Instrumentes, bei dem häufigen Gebrauche desselben, nicht eingerieben werden, und dadurch ihre ursprüngliche Gestalt verändern, wo dann die Hauptbedingungen des Instruments verloren gehen und das Fernrohr sich nicht mehr in der Ebene des Meridians bewegen, sondern bald zu der einen, bald zu der andern Seite von ihm abweichen würde, je nach dem verschiedenen Theile dieser abgenützten cylindrischen Zapfen mit ihren Unterlagen in Berührung kommen. Dieses zu verhüten, dient, auf der Seite B der der Axe, die metallene Stange r, die an ihrem untern Ende in einen Ring ausläuft; die Oeffnung dieses Ringes ist beträchtlich grösser, als die Dicke der Axe an diesem Orte und an dem innern Rande dieses Ringes, in dem untern Theile desselben, bei p und q sind zwei kleine kreisförmige Scheiben, sogenannte Frictionsräder angebracht, die sich um ihre Axe bewegen und mit ihrem oberen Theile etwas über die innere Fläche des Ringes hervorstehen. Der oberste Theil dieser verticalen Stange r hat eine Oeffnung, in welche das eine Ende einer anderen horizontalen Stange u eingreift, während an dem andern Ende dieser Stange ein daselbst verschiebbares, mit Blei gefülltes Gewicht R' angebracht wird. Diese Stange wird durch einen Stift u gehalten, der durch die auf dem Pfeiler Q befestigte Säule s getragen wird. Auf diese Weise bilden die beiden Stangen r und u einen Hebel, dessen Unterlage der Stift u, und dessen Kraft das Gewicht R', und dessen Last die Schwere der ihm zugewendeten Hälfte des Instruments ist, und man sieht leicht, dass man das Gewicht R' so lange von dem Unterstützungspunkte u entfernen kann, bis der von beiden Körpern beschwerte Hebel sehr nahe im Gleichgewichte ist und bis das Instrument, statt mit seiner ganzen früheren Last, nur mehr mit einem geringen Theile derselben auf seinem Lager bei B aufliegt. Dieselbe Vorrichtung sieht man auch an dem andern Ende A der Rotationsaxe; durch eine gehörige Stellung der beiden Gegengewichte R und R werden die verticalen Stangen r so erhöht, dass die oben erwähnten beiden Frictionsrollen p und q in ihren oberen Theilen den untern Theil der Axe berühren, und dass nun diese Axe auf den vier Rollen ihrer beiden Hebel, wie auf den Rädern eines Wagens hin und her gedreht werden kann, während das ganze schwere Instrument vielleicht nur mehr mit dem zehntausendsten Theile seines eigentlichen Gewichtes auf den cylindrischen Endpunkten dieser Axe ruht. Ein ähnliches Gegengewicht sieht man auch in S, welches bestimmt ist, die Schwere der auf seiner Seite stehenden Kreise auf dieselbe Art zu balanciren.

Ehe mit dem Meridiankreise brauchbare Beobachtungen angestellt werden können, muss das Instrument vorher in allen seinen einzelnen Theilen rectificirt, berichtigt werden. Es kann an dieser Stelle nicht beabsichtigt werden, näher auf die hierzu nöthigen Manipulationen einzugehen, es genüge die Bemerkung, dass die heutige astronomische Beobachtungskunst einen solchen Grad der Vollendung erreicht hat, dass eine einzige vollständige Beobachtung eines Fixsterns am Meridian-

kreise, dessen Rectascension bis auf wenige Bruchtheile einer Zeitsecunde, seine Declination bis auf eine oder ein paar Bogensecunden genau ergiebt.

Merz, Georg, geb. am 26. Januar 1793 zu Bichl bei Benedictbeuren, gest. am 12. Januar 1867 zu München, war Anfangs Gehülfe von Fraunhofer, dann nach dessen Tode Dirigent der optischen Abtheilung des Utzschneider'schen Instituts, das er 1830 mit Mahler als Theilhaber übernahm, bis er es nach dessen Tode mit seinen Söhnen allein fortsetzte. Das grösste achromatische Fernrohr, das unter seiner Leitung vollendet wurde, besitzt einen Objectivdurchmesser von 16 Zoll.

Messier, Charles, geb. am 26. Juni 1730 zu Badonviller in Lothringen, gest. am 11. April 1817 zu Paris, einer der glücklichsten Kometenentdecker, war Anfangs Gehülfe von Delisle, dann Astronom der Marine. Die Zahl der von ihm zuerst entdeckten Kometen beläuft sich auf 14, ausserdem lieferte er das erste grössere Verzeichniss von Nebelflecken, eine Arbeit, die freilich später von Herschel weil überholt wurde.

Meteorite oder Meteorsteine nennt man die bisweilen unter Donnergetöse aus den Lüften herabfallenden Stein- oder Eisenmassen. Da sie meist in Verbindung mit Feuerkugeln auftreten (wenngleich keineswegs jede Feuerkugel einen Meteoriten herabfallen lässt), so findet sich das Nothwendige über dieselben in dem Artikel Feuerkugeln.

Methode der correspondirenden Höhen, s. Höhe der Gestirne.

Michell, John, gest. 1793 als Rector zu Tornhill in Yorkshire, ein scharfer Denker und der Erfinder der Drehwaage, sowie der Methode, mittels derselben die Dichtigkeit der Erde zu bestimmen.

Micrometer nennt man diejenigen astronomischen Messinstrumente, welche zur Messung sehr kleiner Winkel dienen. Alle hierhin gehörigen Messvorrichtungen befinden sich im gemeinschaftlichen Brennpunkte vom Objective und Oculare des Fernrohrs, in welchem das Miniaturbild desjenigen Gegenstandes entsteht, den man eben betrachtet. Das einfachste und für manche astronomische Zwecke allein anwendbare Micrometer ist das Kreismicrometer, dem in diesem Werke ein eigner Artikel gewidmet ist. Eine andere vielfach angewandte Vorrichtung ist das Schraubenmicrometer. Littrow beschreibt dasselbe und seine Anwendung folgendermaassen: Auf einer im Brennpunkte des Fernrohrs senkrecht auf die Axe desselben befestigten und in ihrer Mitte kreisförmig durchbohrten Messingplatte HK (s. Fig. 40. 41., Seite 332) ist ein horizontaler Faden FG und ein verticaler DE befestigt. Auf dieser Platte sind zwei feine Schieber mm' und nn', zwischen welchen und der Platte sich eine zweite, ebenfalls durchbohrte Platte, parallel mit jener ersten, mittels einer feinen Schraube Abc auf und ab bewegen lässt. Diese zweite Platte ist ebenfalls mit einem horizontalen Faden fg versehen, der sich, wenn die zweite Platte durch ihre Schraube bewegt wird, parallel mit dem ersten FG auf und ab bewegt. Diese Schraube trägt bei ihrer Handhabe A einen Index b, der während der Umdrehung der Schraube auf einer eingetheilten Scheibe B herumgeht, und dadurch auch z. B. den hundertsten Theil einer

Umdrehung anzeigt. Wenn diese Schraube, wie hier vorausgesetzt wird, sehr feine und durchaus gleiche Windungen hat, so wird man dadurch die senkrechten Distanzen zweier Gestirne sehr genau bestimmen können, wenn einmal der Werth einer ganzen Umdrehung der Schraube bekannt ist. Zu diesem Zwecke stellt man zuerst beide Fäden fg und FG genau aufeinander, so dass sie nur einen einzigen zu bilden scheinen, und bemerkt für diesen Stand des beweglichen Fadens, den Ort des Zeigers b auf der eingetheilten Scheibe B. Dann schraubt man den beweglichen Faden fg so weit über oder unter den festen FG, bis beide Fäden irgend ein bekanntes Gestirn, z. B. die

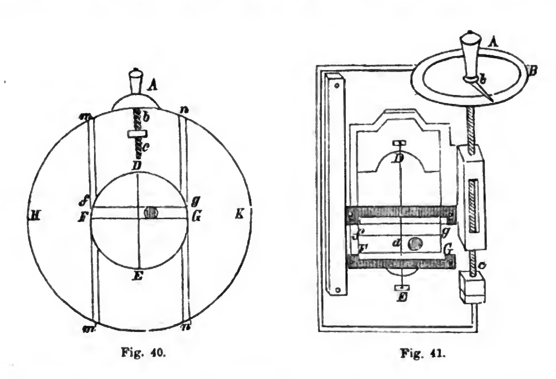


Fig. 40. Fig. 41.

Sonne d an ihrem obern und untern Rande genau berühren, und bemerkt nun wieder den Stand des Zeigers auf seiner Scheibe. Gesetzt, der Durchmesser der Sonne betrage volle 32 Minuten, und die Schraube mache $40^1/_4$ Umgänge, um diesen Durchmesser zwischen den beiden Fäden des Micrometers zu fassen, so folgt daraus, wie leicht man sieht, dass ein ganzer Umgang der Schraube 47,7 Secunden, und daher jeder hundertste Theil derselben 0,477 Secunden betrage. Dies vorausgesetzt, habe man ein mit einem solchen Schraubenmicrometer versehenes Fernrohr im Meridian so aufgestellt, dass der Faden FG horizontal, und DE vertical steht. In dieser Stellung lässt man einen bekannten Fixstern durch das Feld des Fernrohres gehen und schraubt den beweglichen Faden fg auf ihn, so dass der Stern, während er durch das Feld geht, die ganze Länge dieses Fadens zurücklege. Zugleich beobachtet man auch seinen Durchgang durch den festen verticalen Faden DE. — Dasselbe thut man auch mit dem bald darauf folgenden Planeten und bemerkt zugleich, wie viel Umdrehungen man die Schraube gedreht hat, um den beweglichen Faden von seiner letzten Stelle, wo er den Stern traf, auf diejenige zu bringen, wo der Mittelpunkt des Planeten durch ihn ging. Diese Anzahl der Umdrehungen durch 47,7

multiplicirt, giebt sofort die Differenz der Declinationen beider Gestirne, und die Zwischenzeit, die von dem Appulse des Fixsterns durch den Verticalfaden DE bis zu dem des Planeten verflossen ist, giebt die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne. Da man nun die Rectascension und Declination des Fixsterns bereits kennt, so erhält man dadurch auch sofort die Rectascension und Declination des Planeten.

Der Filarmicrometer ist eine Art Schraubenmicrometer, bei welchem mittels einer Schraube ein beweglicher Faden einem andern, unbeweglichen Faden genähert werden kann, und dessen erste Idee Picard gehört.

Eine andere Form des Micrometers ist Bradley's Rautenmicrometer (Fig. 42.). Man denke sich, sagt Littrow, in das kreisförmige Feld des Fernrohrs ein Quadrat ABCD beschrieben, dessen Seiten jenen Kreis in vier einander gegenüberstehenden Punkten berühren. Von dem oberen Berührungspunkte M ziehe man zwei grade Linien oder hier zwei gespannte Fäden MC und MD nach den untern Spitzen des Quadrats, und ebenso von dem untern Berührungspunkte N zwei andere nach A und B. Spannt man überdies noch einen fünften Faden PQ, der durch den Mittelpunkt des Kreises parallel mit der Seite AB oder CD des Quadrats geht, so wird man wie zuvor durch eine geringe Drehung des Quadrats um seinen Mittelpunkt dieses Netz leicht so stellen, dass der letzte Faden PQ dem Wege der Sterne, d. h. dem Aequator parallel ist. Mit einem so eingerichteten und so gestellten Fadennetze wird man dann die Differenz der Rectascensionen und Declinationen der Gestirne leicht bestimmen, wenn man bemerkt, dass, wie aus der erwähnten Construction dieses Netzes hervorgeht, jede PQ parallele Linie ac gleich sein muss der Entfernung bM dieser Linie von dem ihr nächsten Scheitel M oder N der Raute, welche jene vier ersten Fäden unter sich bilden. Hätte man also z. B. den Durchgang eines Fixsterns, dessen Declination 30^0 beträgt, durch den Punkt a um $4^h\ 17'$ und durch den Punkt c um $4^h\ 21'$ beobachtet, so ist die Differenz dieser Zeiten 4 Minuten. Multiplicirt man diese Differenz, um sie in Bogen zu erhalten mit 15 und überdies mit dem Cosinus der Declination, der hier gleich 0,866 ist, so erhält man 51,96 Bogenminuten, und eben so gross ist also auch der Abstand Mb des Weges ac dieses Sternes von dem Punkte M. Die Zeit aber, wo dieser Stern in der Mitte zwischen seine Fäden in a und c, d. h. wo er in dem Punkte b war, ist offenbar gleich der Mitte jener zwei Beobachtungszeiten oder gleich $4^h\ 19'$. Hätte man nun ebenso bald darauf einen Planeten auf dieselbe Weise beobachtet, und für ihn den Abstand Mb gleich 32,54 Bogenminuten und die Zeit der Mitte beider Beobach-

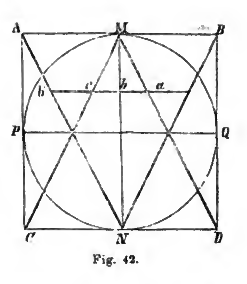


Fig. 42.

tungen gleich $4^h\ 22'$ gefunden, so würde die Differenz der Rectascensionen beider Gestirne 3 Zeitminuten, d. h. 45 Bogenminuten, und die Differenz ihrer Declinationen gleich 19,12 Bogenminuten sein, woraus sich also wieder der Ort des Planeten am Himmel leicht finden lässt, wenn jener des Fixsterns bereits bekannt ist. — Bei einer genauern Betrachtung dieses Netzes wird man leicht finden, dass man auch die Theile der vier ersten Fäden, die ausser der Raute liegen, zu demselben Zwecke benutzen, und z. B. die Appulse der Sterne auch in den Punkten a' und b' beobachten kann.

Statt der Fäden wendet man in neuester Zeit vielfach dünne Glasplatten an, welche im Brennpunkte des Objectivs und Oculars angebracht sind, und auf denen feine Linien in gewissen Abständen eingeritzt werden. Dass das Heliometer ein Micrometer von höchster Genauigkeit ist, braucht kaum erwähnt zu werden. Näheres hierüber findet sich in dem Art. Heliometer.

Milchstrasse heisst der weissliche Streifen, den man in dunkler, sternenklarer Nacht fast in Gestalt eines grössten Kreises sich über die Himmelskugel erstrecken sieht. Ueber die optischen und physikalischen Zustände derselben vergl. d. Art. Fixsterne.

Minute bezeichnet den sechszigsten Theil der Stunde und des Grades. Im ersteren Falle deutet man sie durch ^{m}, im letzteren durch $'$ an; also z. B. $30^m = 30$ Zeitminuten, $45' = 45$ Bogenminuten, $1^m = 15'$.

Mittagspunkt, Süden, einer der vier Hauptpunkte des Horizonts und diejenige Weltgegend, in welcher bei uns täglich die Sonne steht, wenn sie ihren höchsten Stand über dem Horizonte erreicht hat.

Mittag, Mittagszeit, der Augenblick, in welchem der Sonnenmittelpunkt culminirt. Man unterscheidet wahren und mittlern Mittag, worüber, um Wiederholungen zu vermeiden, alles Nöthige in dem Artikel Zeitgleichung zu finden ist. Die Astronomen zählen die Stunden des Tages vom Mittage ab bis wiederum zum Mittage.

Mittagslinie, siehe Meridian.

Mittagspunkt oder Südpunkt ist einer der vier Cardinalpunkte des Horizonts, und zwar ist er der Durchschnittspunkt des Meridians mit dem Horizonte nach der Richtung hin, in welcher die Sonne bei uns im Mittage steht. Vom Mittagspunkte aus rechnet man das Azimuth (s. d.) der Gestirne.

Mittagsrohr oder Passageninstrument ist ein Instrument zur Beobachtung der Sterndurchgänge durch den Meridian. Es unterscheidet sich vom Meridiankreise (s. d.) nur dadurch, dass es keinen Höhenkreis zur genauen Bestimmung der Declinationen der Sterne besitzt. Man sehe daher den Art. Meridiankreis.

Mitternacht bezeichnet den Zeitpunkt, in welchem die Sonne ihren tiefsten Stand unter dem Horizonte hat, 12 Stunden nach dem obern Meridiandurchgange (oder Mittage) der Sonne. Die bürgerliche Zeitrechnung beginnt den Tag mit der Mitternacht.

Mitternachtspunkt oder Nordpunkt, einer der vier Hauptpunkte des Horizonts, bezeichnet den Durchschnittspunkt des Meridians mit

dem Horizont auf der Seite des Himmels, welche dem Nordpole zugewandt ist.

Mittlere Entfernung eines Planeten bezeichnet in der Astronomie allgemein die halbe grosse Axe seiner Bahn. Man legt dabei meist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne zum Grunde; so ist z. B. die mittlere Entfernung des Neptun von der Sonne = 30,07, d. h. = 30,07mal so gross, als die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne, welche letztere in runder Zahl 20 Millionen Meilen beträgt.

Mittlerer Planet nennt man einen gedachten (fingirten) Planeten, der sich mit stets gleich bleibender Geschwindigkeit in der Bahn eines wirklichen, mit ungleichförmiger Geschwindigkeit einhergehenden Planeten, bewegt und mit diesem letztern stets gleichzeitig durch die beiden Endpunkte der grossen Axe der Bahn geht. Zu welchem Zwecke man einen solchen Planeten annimmt, siehe in dem Artikel Gleichung der Bahn.

Mittlerer Tag, s. Tag.

Moebius, August Ferdinand, geb. am 17. November 1790 zu Schulpforte, gest. am 26. September 1868 zu Leipzig, verdienter Mathematiker und Astronom, studirte Anfangs die Rechte, wandte sich aber dann der Mathematik zu, ward 1815 Observator der Sternwarte auf der Pleissenburg in Leipzig und 1844 Professor der Astronomie und Mathematik an der Universität zu Leipzig. Ausser einer Menge von Abhandlungen gab er die „Elemente der Mechanik des Himmels ohne Hülfe höherer Rechnungsarten dargestellt" heraus.

Molyneux, Samuel, geb. 1689 zu Chester, gest. am 13. April 1728, vermögender Privatmann und eine Zeit lang Secretair des nachmaligen Königs Georg II., errichtete zu Kew eine Privatsternwarte, auf welcher Bradley die Aberration und Nutation entdeckte.

Monat, ursprünglich die Zeitdauer, innerhalb welcher der Mond den ganzen Kreislauf seiner Phasen vollendet, mit welcher Dauer die wahre Umlaufszeit des Mondes nahe zusammenfällt. Der siderische Monat ist die Zeit, innerhalb welcher der Mond zu einem bestimmten Fixsterne zurückkehrt und seine Dauer beträgt 27 Tage $7^h\ 43^m\ 11{,}5^s$. Der tropische oder periodische Monat, die Zeit, bis der Mond wieder zum Frühlingspunkte zurückkehrt, beträgt 27 Tage $7^h\ 43^m\ 4{,}7^s$. Der synodische Monat, die Zeit von einem Neumonde bis zum andern, umfasst 29 Tage $12^h\ 44^m\ 2{,}9^s$. Der anomalistische Monat, die Zeit von einer Erdnähe des Mondes bis zur nächsten, hat eine Dauer von 27 Tagen $13^h\ 18^m\ 35^s$, während der Drachenmonat, d. h. die Zeit zwischen zwei Durchgängen des Mondes durch den aufsteigenden Knoten seiner Bahn 27 Tage $5^h\ 5^m\ 49^s$ umfasst.

Verschieden von den bis jetzt betrachteten Mondmonaten ist der Sonnenmonat oder die Zeit, welche die Sonne in jedem der 12 Zeichen der Ekliptik verweilt. Diese Zeitdauer ist offenbar $^1/_{12}$ der ganzen Jahresdauer, also = 30 Tage $10^h\ 29^m\ 37^s$. Von diesem Sonnenmonate verschieden sind nun wieder die Längen der Monate im bürgerlichen Leben, wie allbekannt ist. Vergl. die Art. Jahr und Kalender.

Mond wird der beständige Begleiter (Satellit oder Trabant) unserer

Erde auf ihrer Bahn um die Sonne genannt. Er umkreist unsere Erde monatlich einmal und geht dabei gleichzeitig mit ihr um die Sonne. Mit Bezug auf den Erdmittelpunkt ist seine Bahn eine Ellipse, mit Bezug auf die Sonne aber eine Art Schlangenlinie.

Der Mond zeigt uns eine Aufeinanderfolge von Lichtgestalten, welche Mondphasen genannt werden und die dadurch entstehen, dass er ein kugelförmiger, dunkler Körper ist, der die Erde umkreist und von der Sonne sein Licht empfängt. Es sei in nebenstehender Fig. 43, T die Erde, SS seien Sonnenstrahlen, der Kreis abcd aber bezeichne die Mondbahn. Wenn der Mond in a steht, also zwischen Sonne und Erde, so wendet er letzterer offenbar seine Nachtseite zu, und wir können von seiner beleuchteten Hälfte Nichts wahrnehmen, es ist Neumond. In dem Maasse, als der Mond von a gegen b rückt, wird uns ein immer grösseres Stück der beleuchteten Seite an dem der Sonne zugekehrten Mondrande sichtbar. Nach drei Tagen erscheint der Mond in a' sichelförmig und die Breite der Sicheln nimmt immer zu, bis der Mond in b halb erleuchtet ist, der Mond steht dann im ersten Viertel und die Lichtgrenze bildet eine gerade Linie. Während der Mond weiter gegen c sie rückt, baucht sich die Lichtgrenze immer mehr und mehr aus, indem man von der Erde T aus, offenbar immer mehr von der beleuchteten Seite und immer weniger von der Nachtseite des Mondes erblickt, bis dieser letztere endlich in c angelangt ist und der Sonne gerade gegenübersteht. In dieser Stellung erblickt man von der Erde T aus die voll erleuchtete Mondscheibe, es ist Vollmond. Nun rückt der Mond gegen d und es wird wieder für die Erde ein Stück der Nachtseite des Mondes sichtbar, die Lichtgrenze flacht sich mehr und mehr ab, bis sie in d eine gerade Linie bildet, es findet dann das letzte Viertel statt; der Mond rückt nun weiter, die Lichtgrenze wird immer hohler, die helle Mondsichel immer schmaler, bis endlich in d, zur Zeit des Neumondes, der Mond der Erde bloss die Nachtseite zuwendet.

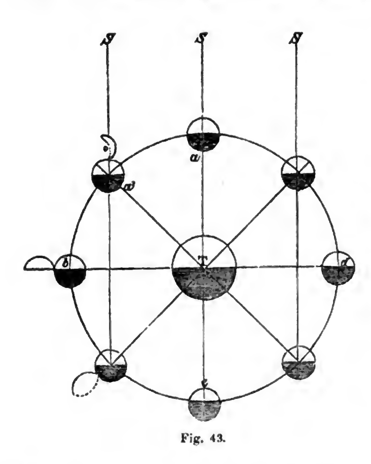


Fig. 43.

Neu- und Vollmond werden Syzygien, erstes und letztes Viertel werden Quadraturen genannt.

Wenn die Mondsichel noch schmal ist und selbst noch einige Tage

nach dem ersten oder vor dem letzten Viertel, sieht man die Nachtseite des Mondes in aschgrauem Lichte schimmern. Dieser graue Schein wird, wie zuerst Mässlin 1596 behauptete, durch das Licht hervorgebracht, welches die von der Sonne beschienene Erde dem Monde zusendet.

Die nachstehende Tafel zeigt annähernd die Dauer des Mondscheins für jedes Alter des Mondes, d. h. für jeden beliebigen Tag nach dem Neumonde.

Alter des Mondes.	Tag															
	●		1.		2.		3.		4.		5.		6.		7.	
	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.
Scheint von 6 Uhr Abends bis Abends:	—	—	6	48	7	36	8	24	9	12	10	—	10	48	11	36

Alter des Mondes.	Tag															
	8.		9.		10.		11.		12.		13.		14.		15.	
	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.
Scheint von 6 Uhr Abends bis Morgens:	12	24	1	12	2	—	2	48	3	36	4	24	5	12	6	—

Alter des Mondes.	Tag															
	16.		17.		18.		19.		20.		21.		22.			
	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.
Scheint bis 6 Uhr Morgens von Abends:	6	48	7	36	8	24	9	12	10	—	10	48	11	36		

Alter des Mondes.	Tag															
	23.		24.		25.		26.		27.		28.		29.			
	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.	Uhr.	Min.
Scheint nach Mitternacht bis 6 Uhr Morgens von:	12	24	1	12	2	—	2	48	3	36	4	24	5	12		

Wenn der Mond auf seiner Bahn um die Erde in die Stellung des Neumondes einrückt, so kann er bisweilen für gewisse Erdorte die

Sonne auf kurze Zeit verdecken; wenn er dagegen in die Stellung des Vollmondes einrückt, so tritt er bisweilen in den Schatten der Erde und wird unsichtbar. Die erste Erscheinung wird eine Sonnen-, die letzte eine Mondfinsterniss genannt, und findet man Ausführliches über dieselben in dem Art. Finsternisse.

Der Mond bleibt uns unter allen Weltkörpern dauernd am nächsten; seine mittlere Entfernung vom Erdcentrum beträgt 51,800 geographische Meilen und einem Auge im Mittelpunkte des Mondes würde der äquatoreale Erdhalbmesser unter einem Winkel von 57′ 2,7″ erscheinen. Da die Mondbahn kein Kreis ist, sondern eine Ellipse mit einer Excentricität von 0,054908, so variirt die Entfernung des Mondes vom Erdmittelpunkte zwischen 48,950 und 54,650 Meilen. Die kürzeste Distanz zwischen einem Punkte der Erdoberfläche und einem Punkte der Mondoberfläche kann sich dagegen in Folge der Störungen bis auf 47,000 Meilen vermindern.

Die Mondbahn ist unter einem Winkel von 5° 8′ 40″ gegen die Erdbahn geneigt, doch ist diese Neigung nicht unveränderlich, sondern schwankt zwischen 5° und 5° 18′. Die Dauer des Umlaufs des Mondes um die Erde wurde schon oben in dem Art. Monat angegeben.

Die Länge des Perigäums der Mondbahn beträgt (für 1800) 225° 23′ 53″, doch ändert dasselbe seine Lage so schnell, dass es schon in $8\frac{1}{5}$ Jahren den ganzen Himmel von Ost nach West umläuft. Die Länge des aufsteigenden Knotens der Mondbahn in der Ekliptik beträgt (für 1800) 33° 16′ 31″, und die Knoten durchlaufen retrograde in $18\frac{6}{10}$ Jahren den ganzen Himmel.

Der mittlere scheinbare Durchmesser des Mondes beträgt 15′ 32,4″, der wahre 468 Meilen. Der Mond besitzt keine uns wahrnehmbare Abplattung, wohl aber eine (geringe) Anschwellung gegen den Erdkörper hin. Betrachtet man ihn als Kugel, so findet sich seine Oberfläche zu 688,640 geographischen Quadratmeilen und sein körperlicher Inhalt 53,800,000 Kubikmeilen, also etwa $\frac{1}{49}$ vom Volum der Erde. Da die Masse des Mondes $\frac{1}{80}$ der Erdmasse beträgt, so verhalten sich die mittleren Dichten beider Weltkörper wie 80 : 49 oder wie 10 : 6, oder die Dichte des Mondes ist nur $\frac{6}{10}$ von der mittleren Dichte der Erde. Auf der Mondoberfläche fällt ein Körper in der ersten Secunde durch einen Raum von 2 Fuss $6\frac{3}{5}$ Zoll Pariser Maass.

Der Mond wendet uns im Allgemeinen immer dieselbe Seite zu; er dreht sich also während jeden Umlaufs gleichzeitig einmal um sich selbst. Die Richtigkeit dieses Schlusses ergiebt sich sofort, wenn man sich einen Beobachter etwa auf der Sonne denkt. Diesem würde der Mond zur Zeit des Neumondes (der Conjunction) die von uns abgewandte Seite zeigen, dagegen im Augenblicke des Vollmondes die uns zugekehrte Hälfte. Folglich sieht ein Auge auf der Sonne (und überhaupt ausserhalb der Mondbahn) im Verlaufe jedes Mondumlaufes alle Seiten unseres Trabanten, dieser dreht sich also während der nämlichen Zeit einmal um seine Axe.

Weil die Umdrehung des Mondes gleichmässig, die Bahnbewegung dagegen ungleichmässig ist und beide nicht in derselben Ebene von

Statten gehen, so findet eine gewisse periodische Verschiebung der Punkte der Mondoberfläche für unseren Anblick statt, man nennt sie Libration (s. d.), und in Folge derselben kommt uns nach und nach noch etwa $^1/_5$ der abgewandten Mondhälfte zu Gesichte.

Das Licht des Vollmondes ist nach den Untersuchungen von Zöllner 618,000mal schwächer als das Sonnenlicht, und seine Farbe ist ein gelbliches Weiss.

Obgleich man mit Recht practisch dem Mondlichte alle Wärme abspricht, so haben doch neuere Untersuchungen mittels höchst empfindlicher Instrumente gezeigt, dass die Mondstrahlen nicht jeder Wärme absolut entbehren. Melloni war der Erste, der dies 1846 nachwies, ohne jedoch die Quantität der Wärme angeben zu können; im Jahre 1869 fand Baille in Paris dieselbe so gross wie diejenige eines Würfels siedenden Wassers von $6^1/_2$ Centimeter Seite in 35 Meter Entfernung.

Mit blossem Auge erblickt man auf der Mondscheibe ein Gemisch hellerer und dunklerer Flecke, aus dem die Phantasie bei den verschiedenen Völkern die seltsamsten Gebilde zusammengesetzt hat. Bald sollte man im Monde ein Gesicht, bald eine Waage, einen Hasen, ein Reh, einen Baum etc. erblicken. Allen diesen Träumereien machte die Erfindung des Fernrohrs ein Ende, indem dieses zeigte, dass der Mond eine Welt für sich sei mit Bergen und Thälern wie unsere Erde. Beiläufig mag hier bemerkt werden, dass man die Unebenheiten der Mondoberfläche, die sich als solche durch ihre schwarzen Schatten verrathen, am besten um die Zeit des ersten und letzten Viertels wahrnimmt; im Vollmonde, wo die Schatten durchgängig verschwindend sind, erhält man keine Idee von der Plastik des Terrains, ja man findet gewisse hervorragende Localitäten oft nur mit grosser Mühe wieder.

Unter den Beobachtern, welche sich mit der Untersuchung der Mondoberfläche beschäftigt haben, sind zu nennen: Tobias Mayer, Schröter, Lohrmann, Beer und Mädler, und in neuester Zeit vor Allen Schmidt in Athen. Auf den Arbeiten von Lohrmann, Beer und Mädler und Schmidt beruhen unsere gegenwärtigen Kenntnisse der Mondoberfläche hauptsächlich. Lohrmann unternahm im Jahre 1820 eine systematische und umfangreiche Aufnahme der Mondoberfläche, konnte aber die Arbeit nur zum Theile ausführen, die jetzt von Schmidt in Athen vollendet wird. Die Mondaufnahmen von Beer und Mädler begannen 1830 und waren 1836 vollendet, doch gehen dieselben bei weitem nicht so sehr in's Detail, wie die Arbeiten von Lohrmann und Schmidt.

Die genauere Untersuchung der Mondscheibe ergiebt, dass die helleren Theile durchschnittlich die gebirgigeren, die dunkleren die ebeneren sind, doch darf man bei diesen letzteren nicht (wie Kepler that) an Meere denken, indem sie bei genügender Vergrösserung allenthalben Unebenheiten, kleinere Bergzüge etc. zeigen. Die grossen grauen Flächen führen indess dennoch, wenngleich also mit Unrecht, den Namen Meere; die hauptsächlichsten sind: der Oceanus procellarum, 70,000 Quadrat-Meilen gross, das Mare serenitatis, M. tranquillitatis,

M. foecunditatis, M. crisium und M. nectaris. Diese grossen Flächen stellen schon in allgemeinen Zügen die universale Form dar, die sich bei den meisten Terrainbildungen auf dem Monde wiederholt: die kreisförmige. Wo die Gebirgserhebungen eine grosse, meist ebene Fläche umschliessen, nennt man das Ganze Wallebene, kleinere Gebilde dieser Art werden Ringgebirge und die kleinsten Krater und Gruben genannt. Die Ringgebirge sind viel zahlreicher als die Wallebenen, und finden sich besonders häufig im südlichen Theile der Mondscheibe, wo sie in den verschiedensten Grössen dicht aneinander gedrängt stehen. Ihre Form ist meist die kreisrunde, mit vorgelagerten Terrassen, und in der Mitte erhebt sich ein Centralgebirge, dessen höchste Kuppen jedoch niemals die Höhe des umgebenden Walles erreichen. Die nachstehende Tabelle enthält ein Verzeichniss der hervorragendsten Ringgebirge, ihrer selenographischen Lage, der Höhe ihres Walles und Centralgebirges nach den Messungen von Mädler. Die selenographischen Längen sind von dem Meridian der Mondmitte aus gezählt.

Name und selenographische Lage des Ringgebirges.			Höhe des Walles.	Höhe des Centralberges.
Landsberg	0° nördl. Br.	26° östl. Länge.	9064	2802
Copernikus . . .	9 „ „	20 „ „	10584	2478
Eratosthenes . . .	14 „ „	11 „ „	14678	6204
Aristarch	23 „ „	47 „ „	7056	2482
Archimedes . . .	30 „ „	4 „ „	5084	3636
Posidonius . . .	31 „ „	29 westl. „	5346	2976
Aristillus	34 „ „	1 „ „	10464	4750
Cassini	40 „ „	4 „ „	4098	3870
Bürg	45 „ „	28 „ „	6372	4297
Atlas	46 „ „	43 „ „	10261	3462
Condamine . . .	53 „ „	28 östl. „	3996	2490
Mässling	1 südl. „	7 „ „	7062	1624
Hansteen	11 „ „	52 „ „	3522	2649
Billy	14 „ „	15 „ „	3183	2292
Alpetragius . . .	16 „ „	6 „ „	11291	3540
Petavius	25 „ „	59 „ „	10176	5250
Segner	59 „ „	46 „ „	7617	6066

In manchen Fällen liegt der innere Boden eines Ringgebirges noch beträchtlich höher als die äussere Umgebung; so z. B. liegt nach den Untersuchungen von Schmidt der innere Boden des Mersenius wenigstens 3000 Fuss höher als das Mare humorum; dagegen liegt bei Aristarch nach Mädler der Kraterboden 4600 Fuss unter der umgebenden Ebene.

Die Krater befinden sich in gradezu unzähliger Menge, besonders im südlichen Theile des Mondes. Ihre Tiefe ist meist sehr bedeutend, wahrscheinlich sind sie alle umwallt und bisweilen findet man sie perlschnurartig in Reihen hinter einander stehend. Nicht selten ist auch die Umwallung an einer Seite gesprengt und es führt eine Art Thor in den Krater.

Gebirgssysteme, welche mit denjenigen der Erde vergleichbar sind, also eigentliche Bergketten, kommen auf dem Monde nur ziemlich vereinzelt vor. Das mächtigste derselben ist die Apeninenkette, welche bis zu 17,000 Fuss Höhe aufsteigt.

Die Frage nach den höchsten Bergerhebungen auf der Mondscheibe lässt sich nicht unbedingt beantworten. Bekanntlich bezieht man alle irdischen Höhenmessungen auf das Meeresniveau; auf dem Monde, wo man noch keine Spur von Wasser, geschweige denn von zusammenhängenden Oceanen entdeckt hat, kann man die Höhen nur auf die nächste Umgebung beziehen und die Angaben sind daher bloss relative. Schmidt in Athen findet einen Hochgipfel im Ringgebirge Curtius (67° südl. Br., 3° westl. L.) 27,186 Fuss hoch; andererseits ergaben die Messungen für die Tiefe des Kraterbeckens des Copernikus 10,000 Fuss, so dass also auf dem Monde Höhendifferenzen von 36,000 sicher existiren, was $^1/_{134}$ des Mondhalbmessers ausmacht. Nimmt man auf unserer Erde den höchsten Berggipfel zu 28,000 Fuss, und die grösste Meerestiefe ebenso bedeutend an, so beträgt dies doch nur $^1/_{322}$ des Erdhalbmessers.

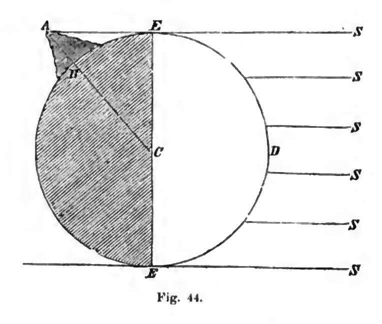


Fig. 44.

Um eine Idee von der Art und Weise zu geben, wie die Astronomen die Höhen von Mondbergen bestimmen, möge das einfachste Verfahren hier erläutert werden. Es bezeichne BCED in Fig. 44. den zur Hälfte erleuchteten Mond und die Linien SSSS die Richtung der Sonnenstrahlen, von denen BB verlängert, in A die Spitze des Berges RA trifft und erleuchtet, während die unteren Theile desselben mit der ganzen Mondhälfte BCEF noch in Nacht gehüllt sind. Die Spitze A erscheint demnach als isolirter, heller Punkt in der Nachtseite des Mondes und AB ist ihr Abstand von der Lichtgrenze BCE. Hat man nun durch die Micrometermessung die Grösse von AB und ebenso die Grösse BE (also den Monddurchmesser) bestimmt, so findet man leicht mittels der Anfangsgründe der Geometrie auch die Grösse von AC, und hieraus endlich AR = AC — RC. Diese Methode ward auch von Herschel angewandt, jedoch mit der Verallgemeinerung für solche Fälle, in welchen man AB in senkrechter Richtung erblickt. Beer und Mädler, sowie Lohrmann und Schmidt bedienten sich bei ihren Untersuchungen der Methode der Schattenmessung. Sie massen die Länge des Schattens, welchen ein Mondberg hinter sich wirft und berechneten dann aus der Höhe der Sonne über

dem betreffenden Punkte der Mondoberfläche das Verhältniss der Länge des Schattens zur wahren Höhe des Berges. — Bei genauerer Untersuchung zeigen sich auf dem Monde eine Anzahl durchgängig geradlinigter Vertiefungen von geringer (kaum 5000′ erreichender) Breite, aber grosser (bis zu 27 Meilen ausgedehnter) Länge, die man Rillen nennt und für welche die Erde kein Analogon besitzt. Die beiden am leichtesten sichtbaren entdeckte Schröter, später fanden Lohrmann, Beer und Mädler und Kinau noch verschiedene auf, die meisten hat aber Schmidt seit 1842 (im Ganzen etwa 300) entdeckt. Diese Rillen kommen allenthalben auf der Mondscheibe vor, nur den eigentlichen Hochgebirgen fehlen sie. Dass sie um die Mitte der Mondscheibe herum zahlreicher sind als gegen die Ränder hin, hat sicherlich seinen Grund nur darin, weil uns die Mitte der Mondscheibe überhaupt besser zu Gesichte kommt. Die Rillen ziehen über Berg und Thal fort, ihre Anfangs- und Endpunkte sind meist durch Nichts ausgezeichnet; mit starken Fernrohren erkennt man auf ihrem Boden bisweilen kleine Krater. Sie können daher aus diesem Grunde keine Flussbetten sein, ebenso wenig aber auch Kunstproducte. Als was wir sie zu betrachten haben, wird hoffentlich die Zukunft lehren. Eine andere merkwürdige Erscheinung sind die Lichtstreifen, welche strahlenartig von verschiedenen Ringgebirgen auslaufen, und deren Breite zwischen $^1/_4$ und 4 Meilen variirt. Besonders das Ringgebirge Tycho zeigt ein sehr grosses und helles Strahlensystem, das im Vollmonde fast den vierten Theil der Mondscheibe bedeckt. Ueberhaupt sind diese Lichtstreifen nur im Vollmonde genau zu sehen, bei schräger Beleuchtung verschwinden sie und können also keine Erhöhungen sein, da sie sich sonst dann durch ihre Schatten verrathen müssten. Was diese Lichtstreifen eigentlich sind, weiss man nicht; Mädler glaubt, dass bei Bildung der Mondoberfläche erhitzte Gasströme unter der Oberfläche hinstrichen und deren Reflexionsfähigkeit veränderten. Nach einer derartigen Umwandlung behielt der Boden die angenommene Structur auch bei späteren Umwälzungen.

Alle bisherigen Beobachtungen vereinigen sich dahin, dass der Mond keine atmosphärische Umhüllung besitzt, welche an Höhe und Dichte mit der Lufthülle um unsere Erde verglichen werden könnte. In Folge der Strahlenbrechung in einer angenommenen Mondatmosphäre müsste ein Stern, der vom Monde bedeckt wird, uns noch sichtbar sein, wenn er in der That schon hinter dem Mondrande steht, und ebenso würden wir ihn an der andern Seite schon erblicken, wenn er in Wirklichkeit noch hinter der Mondscheibe verborgen ist. Wenn dagegen keine atmosphärische Umhüllung des Mondes vorhanden ist, so fällt natürlich auch jede Refraction fort. Nehmen wir nun in diesem letzten Falle an, es finde eine centrale Bedeckung eines Fixsternes durch den Mond statt, so wird die Dauer derselben genau so viele Zeitsecunden betragen, als der Mond nöthig hat, um so viel am Himmel voranzurücken, als sein eigner Durchmesser beträgt. Diese Zeitdauer lässt sich aber, da die Mondbewegung und die Grösse des Monddurchmessers für jede gegebene Zeit genau bekannt sind, berechnen. Wäre

eine Mondatmosphäre vorhanden, so müsste sie, wie eben auseinandergesetzt worden, die Dauer der Bedeckung abkürzen, und Rechnung und Beobachtung würden keine Uebereinstimmung zeigen. Tobias Mayer bediente sich dieser Methode und fand, dass keine merkliche Refraction am Mondrande existirt und Bessel bestätigte dies insoweit, dass die höchste mögliche Dichte der Mondatmosphäre $^1/_{968}$ betrage. Inzwischen lässt sich diesen Schlüssen entgegenhalten, dass einerseits der Mondhalbmesser nicht absolut fehlerfrei bekannt ist und andererseits der Eintritt der Sterne nicht hinter einer allgemeinen Niveaulinie des Mondes, sondern hinter den Kämmen seiner Berge beobachtet wird. Es könnte daher doch eine nicht eben dichte Mondatmosphäre existiren, die in Höhen von 6000—8000 Fuss bereits so sehr verdünnt ist, dass sie nur eine sehr geringe Refraction erzeugt.

Wirkliche Veränderungen auf der Mondoberfläche sind weder von Tobias Mayer und Lohrmann, noch von Beer und Mädler wahrgenommen worden. Einige dahin zielende Wahrnehmungen von Schröter sind zu unsicher, um etwas daraus folgern zu können. Erst im Herbste 1866 bemerkte Schmidt in Athen, dass der Krater Linné im Mare serenitatis nicht mehr in der Gestalt wie er Lohrmann und Mädler bei ihren Untersuchungen, sowie ihm selbst in den Jahren 1841—1843 erschien, vorhanden sei. Er zeigte sich mehr als verwaschener Lichtfleck und nur in sehr günstigen Momenten konnte ein sehr kleiner Krater unterschieden werden. Später hat Schmidt noch eine Region in 14° südl. selen. Breite und 12° östl. Länge angegeben, wo ebenfalls ein Krater sich gegen früher beträchtlich verändert hat. Ob man hier an vulkanische Eruptionen oder Einstürze zu denken hat, lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden; Schmidt neigt sich zu ersterer Ansicht hin.

Die Frage, ob auf dem Monde Menschen ähnliche Bewohner existiren, lässt sich direct nicht beantworten, indem kein Fernrohr mächtig genug ist, den Mond unseren Blicken so nahe zu rücken, dass an ein Erkennen von Mondbewohnern zu denken sei. Wenn wir an den Mangel des Wassers auf unserm Satelliten und an seine höchst dünne Atmosphäre denken, müssen wir zu dem gestehen, dass der Mond ein Aufenthaltsort für Menschen wie wir, nicht wohl sein könne.

Die Länge des Jahres kommt für den Mond sehr nahe mit unserer Jahresdauer überein; dagegen beträgt die mittlere Länge seines Tages 354 Stunden 22 Min. 1,4 Sec. Die mittlere Dauer desselben ist für die Mitte der uns zugewandten Mondhälfte um $33^m\ 56^s$ länger, für die abgewandte um ebenso viel kürzer. Dies rührt daher, dass, indem der Mond vom ersten zum letzten Viertel fortrückt, seine Bewegung in gleichem Sinne wie die scheinbare Sonnenbewegung erfolgt, die letztere also langsamer erscheint, die Sonne für die diesseitige Halbkugel länger über dem Horizonte bleibt, oder die Tagesdauer etwas gegen diejenige der abgewandten Halbkugel zunimmt.

Da die Jahreszeiten von dem Winkel abhängen, welchen die Umdrehungsaxe eines Planeten mit der Ebene seiner Bahn bildet, so können sie auf dem Monde nur wenig verschieden sein, und die Mittags-

höhe der Sonne über einem bestimmten Horizonte ändert sich Jahr aus Jahr ein nur um weniger als 3 Grade. In Folge der schnellen Bewegung der Knoten der Mondbahn ist die Dauer des längsten Tages an den Polen 179 Erdentage, und weil die Sonne nie tiefer als die Neigung des Mondäquators beträgt, also 1° 29′ unter den wahren Horizont eines der Mondpole hinabsinken kann, während man bei der Kleinheit der Mondkugel schon in 1830 Fuss Höhe um den gleichen Betrag über den wahren Horizont hinaussieht, so ergiebt sich, dass die Höhen an beiden Mondpolen, welche 2000 Fuss übersteigen, ewigen Tag haben.

Die nachstehende Tafel enthält die Dauer des längsten und kürzesten Tages für die verschiedenen Parallelkreise der Mondoberfläche.

Selenographische Breite, nördlich und südlich.	Dauer des längsten Tages.			Dauer des kürzesten Tages.		
	Stunden.	Min.	Sec.	Stunden.	Min.	Sec.
0	354	22	1	354	22	1
5	354	37	28	354	6	34
10	354	53	9	353	50	53
15	355	9	19	353	34	43
20	355	26	15	353	17	47
25	355	44	18	352	59	42
30	356	3	54	352	40	8
35	356	25	34	352	18	28
40	356	49	6	351	54	56
45	357	18	30	351	25	32
50	357	52	22	350	51	40
55	358	34	7	350	9	55
60	359	27	47	349	16	15
65	360	40	40	348	3	22
70	362	25	19	346	18	43
75	365	21	40	343	22	22
80	371	6	31	337	37	31
82	375	25	0	333	19	2
84	382	38	45	326	5	17
86	397	28	10	311	15	52
88	449	27	53	259	16	9

Derjenige Theil der Mondoberfläche, den wir niemals erblicken, sieht natürlich seinerseits auch Nichts von unserer Erde, ein gleich grosser Flächenraum auf der diesseitigen Halbkugel erblickt dagegen die Erde allnächtlich und unverrückbar am Himmel stehen. Hier tritt niemals vollständige Dunkelheit ein, während auf der abgewandten Mondhemisphäre jede Nacht gleich dunkel ist.

Monde der Planeten, s. Nebenplaneten.

Mondjahr, s. Jahr und Kalender.

Mondfinsternisse, s. Finsternisse.

Mondphasen, s. Mond.

Mondtafeln werden diejenigen auf die Theorie der Mondbewegung begründeten tabellarischen Zusammenstellungen genannt, aus welchen man den Ort des Mondes am Himmel für jede gegebene Zeit ohne

besondere Schwierigkeiten herleiten kann. Die ersten, aber noch sehr unvollkommenen Mondtafeln lieferten Halley und Euler; nach ihnen beschäftigte sich Tobias Mayer mit dem Probleme und die nach seinen Angaben berechneten Mondtafeln stellten den Lauf des Mondes bis auf 1' genau dar. Die auf Laplace's Entwickelungen gegründeten Mondtafeln von Bürg und diejenigen von Burckhart geben Abweichungen bis zu 40''. Noch genauer sind die Mondtafeln von Carlini und Plana, sowie von Damoiseau, aber alle wurden weit überholt von den Arbeiten Hansen's, dessen Mondtafeln eine fast absolut zu nennende Genauigkeit in der Uebereinstimmung ihrer Angaben mit dem Orte des Mondes zeigen. Ganz kürzlich hat Delauney seine Untersuchungen über die Theorie des Mondes beendigt und der Druck neuer, hierauf begründeter Mondtafeln hat bereits begonnen.

Mond-Ungleichheiten nennt man die Ungleichförmigkeiten in der Bewegung des Mondes. Durch die Anziehung der Sonne (sowie des Jupiter und der Venus), sowie durch die elliptische Bewegung und die abgeplattete Gestalt der Erde wird die reine elliptische Bewegung des Mondes gestört und es entstehen eine grosse Menge von Ungleichförmigkeiten, die in den verschiedensten Perioden sich ändern. Hauptsächlich sind es aber drei, welche die grossen Mondungleichheiten genannt werden, die sich schon früh den Beobachtern des Mondes zeigten, nämlich: 1) die Evection; 2) die Variation und 3) die jährliche Gleichung. Näheres über dieselben findet man in den ihnen gewidmeten Artikeln, sowie in dem Art. Störungen.

Montanari, Geminiano, geb. am 1. Juni 1633 zu Modena, gest. am 13. October 1687 zu Padua, war Anfangs Advocat in Florenz, dann Astronom des Grossherzogs von Toscana, Professor der Mathematik zu Bologna und schliesslich zu Padua. Er entdeckte den Lichtwechsel von β im Perseus.

Morgen bezeichnet sowohl die Zeit wann, als die Gegend des Himmels, wo die Sonne aufgeht. Man bezeichnet diese Richtung oder Weltgegend meist durch Osten. Wenn man sich mit dem Gesichte nach der Richtung wendet, wo die Sonne um Mittag steht, so liegt Osten links.

Morgendämmerung, s. Dämmerung.

Morgenpunkt oder Ostpunkt ist einer der 4 Hauptpunkte des Horizonts und liegt da, wo auf der Ostseite der Aequator den Horizont schneidet. Zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen geht die Sonne im Morgenpunkte auf.

Morgenröthe heisst der herrliche, feuerfarbige Glanz, welcher vor Sonnenaufgang häufig einen grossen Theil des östlichen Himmels bedeckt. Der Morgenröthe steht die Abendröthe gegenüber, und da der Grund beider Erscheinungen der nämliche ist, so sehe man wegen des Weitern den Artikel Abendröthe, wo sich alles Nothwendige mitgetheilt findet.

Morgenstern nennt man den Planeten Venus, wenn er sich nach seiner untern Conjunction westlich von der Sonne befindet, also dieser

vorauf Morgens aufgeht. In der entgegengesetzten Stellung heisst der Planet Abendstern (s. d.).

Morgenweite eines Gestirnes wird der Bogen des Horizontes zwischen seinem Aufgangspunkte und dem Morgenpunkte genannt.

Multiplicationskreis, Repetitionskreis, ist ein, vorzüglich zu Höhenmessungen der Gestirne, dann auch zu geodätischen Operationen, vielfach verwandtes Instrument, bei dessen Construction der Gedanke maassgebend war, durch Vervielfältigung der Winkel die Theilungsfehler zu eliminiren. In der Hauptsache besteht das Instrument aus einem Fernrohre und zwei concentrischen Kreisen mit Nonien zur genauen Ablesung der Winkel. Die multiplicirenden Beobachtungen können sich sowohl auf die Horizontal- als auch auf die Höhenwinkel erstrecken. Hier soll nur die erstere Beobachtungsart besprochen werden, um so mehr, als sie gegenwärtig ausschliesslich nur (bei geodätischen Messungen) noch zur Anwendung kommt.

Es sei also der horizontale Winkel zwischen zwei Punkten a und b zu messen und nehmen wir der Einfachheit halber an, dass nur ein Nonius vorhanden ist und dieser auf $0^0\,0'\,0''$ stehe, wenn auf den Punkt a genau eingestellt ist. Man dreht nun den innern Kreis (die Alhidade) so weit herum, dass der zweite Punkt b in das Gesichtsfeld des Fernrohres zu stehen kommt, schraubt die Alhidade fest und stellt mittels einer Micrometerschraube ganz genau auf b ein und liest den Stand des Nonius ab. Jetzt dreht man den Limbus zurück und stellt von neuem genau auf a ein, löst dann die Druckschraube der Alhidade und dreht diese in der Richtung auf b zu, bis dieser Punkt von Neuem im Fernrohre erscheint und stellt abermals genau auf b ein. Der Nonius muss jetzt offenbar den doppelten Winkel zwischen a und b angeben. Wie man in dieser Weise fortfahren kann, ist klar. Das Princip der Multiplication, welches zuerst von Tobias Mayer in Anwendung gebracht wurde, ist ein durchaus richtiges. Denn indem die Fehler der Theilung sowohl als der Einstellung nicht nach einem festen Gesetze ununterbrochen fortschreiten, sondern bei mehreren Messungen sich gegenseitig compensiren können, so ist klar, dass der mehrfache Winkel vor dem einfachen den Vorzug verdient. Inzwischen ist die geringe Stabilität des Instruments eine Quelle neuer Fehler bei den multiplicirenden Beobachtungen, und da gegenwärtig die Theilung der Kreise mit einer hohen Schärfe ausgeführt wird, so sind die neuern Beobachter Bessel, Struve u. A. wieder zu der Beobachtung einfacher Richtungen zurückgekehrt.

Muncke, Georg Wilhelm, verdienter Physiker, geb. am 28. Novbr. 1772 zu Hillingsfeld bei Hameln, gest. am 17. October bei Ortrand in der Provinz Sachsen, war Inspector am Georgianum in Hannover, dann (von 1810—1817) Professor der Physik an der Universität zu Marburg und schliesslich an der zu Heidelberg.

Nacht nennt man in der Astronomie die Zeit vom Sonnenuntergang bis zum Sonnenaufgange. Da indess die Nacht nicht plötzlich auf den Tag folgt, sondern letzterer allmälich dem nächtlichen Dunkel

weicht, so bezeichnet man im bürgerlichen Leben die Zeit vom Ende der Abenddämmerung bis zum Beginn der Morgendämmerung als Nacht. Die Nachtdauer ist je nach der Lage des Beobachtungsortes und der Jahreszeit verschieden. Die Dauer der Nacht ist offenbar gleich 24^h weniger der Dauer des Tages. Letztere findet man aber leicht nach dem Artikel Ascensionaldifferenz. Unter dem Aequator ist stets Tag und Nacht gleich lang, unter allen übrigen Breiten dagegen nur zweimal im Jahre, am 21. März und am 23. September.

Nachtbogen eines Gestirns nennt man denjenigen Theil des von ihm beschriebenen Parallelkreises, der sich unter dem Horizont des Beobachters befindet.

Nachtgleichen, Punkte der, heissen die Aequinoctialpunkte (s. d.).

Nachtgleiche, Zeit der, Aequinoctium, heisst der Augenblick, in welchem der Sonnenmittelpunkt im Aequator steht, dann auch die Tage selbst (21. März, 23. September), an welchen auf der ganzen Erde Tag und Nacht an Länge gleich sind. Vergleiche den Artikel Vorrücken der Nachtgleichen.

Nadir, Fusspunkt, eine aus dem Arabischen stammende Bezeichnung für den dem Scheitelpunkte des Beobachters diametral entgegengesetzten Punkt der scheinbaren Himmelskugel. Der Zenith oder Scheitelpunkt eines Beobachters ist gleichzeitig der Nadir seines Antipoden.

Nebelflecke nennt man die an der nächtlichen Himmelsdecke meist nur durch starke Fernrohre wahrnehmbaren wolkenartigen Gestalten, die nicht als aus einzelnen Sternen zusammengesetzt sich darstellen. Die Anzahl der Nebelflecke ist sehr gross, man kennt gegenwärtig etwa 4000 derselben, und jedes kraftvolle Fernrohr zieht neue aus dem nächtlichen Dunkel hervor. Unsere Kenntniss von den Nebelflecken ist noch sehr jungen Datums; vor W. Herschel hatte sich bloss Messier eingehender mit ihnen beschäftigt, doch standen diesen Astronomen keineswegs genügende Hülfsmittel zu Gebote.

Trotz der grossen Verschiedenheit, welche die nebelartigen Gebilde zeigen, hat Herschel dennoch mehrere Klassen derselben unterschieden. Man kann dieselben füglich unter folgenden Bezeichnungen zusammenbringen:

1) Unregelmässige Nebel.

2) Regelmässige Gestaltungen, wozu die sogenannten ringförmigen Nebel.

3) Planetarische Nebel, wozu die sogenannten Sternnebel.

4) Doppel- und mehrfache Nebel.

Der auffallendste Nebel der ersten Klasse ist der von Cysat entdeckte, aber erst 1656 von Huyghens anhaltender beobachtete grosse Nebel bei ϑ im Orion.

Huyghens giebt eine Zeichnung des Nebels, wie er sich in seinem Fernrohre darstellte. Doch zeigt sich nicht die allergeringste Aehnlichkeit zwischen dieser und den Zeichnungen der neuern Astronomen.

Später beschäftigten sich Dominicus Cassini, Mairan, Picard,

Legentil und Messier vielfach mit dem Orionnebel, aber ihre Fernrohre waren viel zu unvollkommen, um solchen Arbeiten dauernden Werth für die Nachwelt zu verleihen. Erst Herschel, der Sohn, lieferte eine schätzbare Zeichnung des ganzen Nebels im Jahre 1824, einzelne Theile zeichnete auch Lamont, aber die herrliche Darstellung, welche der jüngere Herschel später publicirte, ward ausschliesslich auf seine Beobachtungen am Cap der guten Hoffnung begründet, woselbst das Sternbild des Orion höher über den Horizont steigt, wie in unseren Breiten. Die vollkommenste Darstellung lieferte indess Bond. Der Haupttheil des Nebels hat, wie Legentil sich treffend ausdrückt, die Gestalt eines geöffneten Thierrachens.

In dieser Gegend befindet sich auch das berühmte Trapez. Professor d'Arrest hat mit Hülfe des grossen Refractors der Sternwarte zu Kopenhagen den Orionnebel neuerdings einer umfassenden Untersuchung unterworfen und glaubt ebenso wie Struve bedeutende Veränderungen bemerkt zu haben; so zeigt sich u. A. die grosse Bucht seit einigen Jahren gewissermaassen durch eine Art Nebelstreif überbrückt. Solche Veränderungen, besonders wenn sie von zwei verschiedenen Beobachtern mit verschiedenen Fernrohren bemerkt worden sind, können nicht wohl als Täuschungen angesehen werden. Das Gleiche gilt meiner Ansicht nach indess nicht von den mit schwächeren Werkzeugen und an einem einzigen Abend constatirten angeblichen Veränderungen, welche die Beobachter auf der Greenwicher Sternwarte am 11. Januar des Jahres 1864 bemerkt haben wollen. Die Veränderungen bestanden hauptsächlich in der Abwesenheit von drei Hervorragungen im südlichen Rande der grossen Bucht, welche in Bond's und Herschel's Zeichnungen deren vier enthält, während in Greenwich nur eine einzige gesehen wurde. Ferner soll der westliche Rand sich 12 Bogensecunden mehr nach Westen zu verschoben haben, desgleichen ein gewisser heller Fleck 15—20 Secunden nordwärts gerückt sein. Die Abwesenheit einer bestimmten Grenze in der brillanten Helligkeit, welche unter dem Namen der Huyghens'schen Region bekannt ist, und am südlichen Rande der Einbuchtung liegt, wird gleichfalls als physische Veränderung angegeben. Diese sämmtlichen Wahrnehmungen der Brittischen Astronomen sind indess meiner Ansicht nach nicht geeignet, wirkliche Veränderungen als erwiesen anzunehmen. Die mehr oder minder bedeutende Reinheit und Ruhe der Luft, die Güte des angewandten Fernrohrs und die Empfindlichkeit des Auges des Beobachters für schwache Lichteindrücke — alle diese Ursachen tragen in erstaunlichem Grade dazu bei, Untersuchungen über die Gestalt und Helligkeit von Nebelflecken zu beeinträchtigen und zu modificiren. Was aber Struve's und d'Arrest Wahrnehmungen anbelangt, so können diese allerdings nicht als optische Täuschungen angesehen werden. Aber sicherlich sind alle diejenigen Astronomen in ihren Behauptungen zu weit gegangen, welche hierin einen neuen Beweis für die Annahme zu sehen glauben, dass der Orionnebel überhaupt aus Nebelmaterie bestehe und gewaltigen Revolutionen unterliege. Denn, wenn wir bemerken, dass bereits Lamont im Jahre 1837 den Orion-

nebel für in einzelne Sterne auflöslich erklärte, ja in dem grossen Fernrohre der Bogenhauser Sternwarte die einzelnen Lichtpünktchen in günstigen Momenten aufblitzen zu sehen glaubte; wenn man ferner erwägt, dass das noch grössere Fernrohr, welches Bond in Nordamerika zu seinen Untersuchungen verwandte, sowie der Riesen-Reflectoren Parsonstown, in der That einen Theil des Nebels in einen Schwarm ungemein kleiner Sternchen aufgelöst haben: so wird man consequenter Weise doch auch für den übrigen noch nicht aufgelösten Theil eine wirkliche Nebelmaterie nicht gut mehr annehmen können. Wahrscheinlich projiciren sich im Orionnebel für unsern Anblick eine Menge von sehr grossen, in der Wirklichkeit weit hinter einanderliegenden Sternsystemen auf einander und sowohl die Ortsveränderung unserer Weltinsel wie die jener fernen Sternschichten kann mit der Zeit scheinbare Veränderungen in der Lage der einzelnen Theile des Nebels hervorbringen, gänzlich analog denjenigen, die Struve und d'Arrest in der That wahrgenommen haben. Der Andromeda-Nebel ist ein ebenso merkwürdiges Object wie dasjenige im Orion. Der Entdecker verglich ihn mit dem schwachen Lichte einer Kerze, welche man durch eine dünne Hornplatte ansieht. Cassini hielt diesen Nebel für dreieckig; Legentil glaubte ihn als rund ansehen zu dürfen, während erst Messier im Jahre 1864 auf die richtigere Ansicht kam, und ihn als länglich oval mit starker Verdichtung gegen die Mitte hin beschrieb. Lamont fand ihn fast ebenso und unterschied bei Anwendung einer 1200maligen Vergrösserung mehrere flockige Stellen, was er schon 1836 als sicheres Zeichen der Auflösbarkeit betrachtete. Der grosse Refractor zu Cambridge in den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat in der That im März 1848 den Nebel in eine Unzahl von kleinen Sternchen, deren man mehr als anderthalb Tausend zählte, aufgelöst, gleichzeitig aber auch zwei dunkle schwarze Streifen gezeigt, welche fast parallel das Ganze durchziehen und in zwei Hälften trennen, von denen die eine einen fast kreisförmigen und einen länglichen hellen Flecken zeigt, während in der andern Hälfte ebenfalls ein lichter Fleck steht, der in dem grossen Refractor von Bond fast ganz genau dasselbe Aussehen besitzt, wie der ganze Nebelfleck in den schwachen Ferngläsern von Simon Marius einst gezeigt hatte. Beiläufig ist der ganze Nebel etwa $2^1/_2$ Grad lang und 1 Grad breit. In der Nähe des Sternes γ im Pfeile befindet sich ein Nebel, welchen Messier, der ihn entdeckte, als länglich, ziemlich gut sichtbar und durchaus keinen Stern enthaltend, beschreibt. Herschel der Aeltere, welcher ihn wieder beobachtete, bemerkt, dass derselbe elliptisch sei und sich allem Anscheine nach in Sterne würde auflösen lassen. Herschel der Sohn, der sich ebenfalls mit diesem merkwürdigen Objecte beschäftigte, sprach sich schliesslich dahin aus, dass man hier wahrscheinlich eine gewaltige abplattete Nebelmasse vor sich habe, welche um ihre kleine Axe rotire. Er schloss dies aus dem Anblick, welchen das Ganze in einem zwanzigfüssigen Telescope gewährte. Das Riesentelescop von Lord Rosse hat in neuester Zeit die Frage definitiv entschieden, indem es den ganzen Nebel in Sterne auflöste. Der Nebelfleck in der Nähe des

Sternes γ im grossen Bären ward von Messier als gänzlich sternlos und sehr schwer sichtbar beschrieben. Herschel der Aeltere skizzirte ihn später als eine halbe runde Nebelmasse, welche von einem lichten Scheine umgeben sei und einen kleinern Nebel in einiger Entfernung mit sich führe. Herschel der Jüngere bemerkte, dass dieser helle Schein eigentlich ein Nebelring sei, und dass dieser sich an der südwestlichen Seite in zwei Arme trenne. Rosse's Telescop löste den ganzen Complex in Sterne auf. Der mittlere Theil besteht aus einer Anzahl hellerer Sterne, den Ring aber bilden unzählige Mengen von lichtschwächern Sternchen, während andere zerstreut umherstehen. Das Ganze bietet einen ähnlichen Anblick wie unser Sternsystem, wenn man dasselbe aus einer sehr grossen Entfernung betrachten würde. Im Sternbilde des Herkules befindet sich ein Nebel, welcher sehr nahe die Form eines Griechischen ω besitzt und daher auch von Herschel Omega-Nebel genannt worden ist. Messier sah nur den helleren Theil dieses Nebels, während erst Herschel das Ganze unterschied. Herschel der Jüngere vermochte später einen Theil des Nebels in einzelne Sterne zu zerlegen und Lamont, der noch 9 Sterne auffand, die in Herschels Zeichnung fehlten, zweifelt nicht, dass das Ganze aus einer Menge sehr entfernter Sterne besteht, hält es aber wegen der höchst unregelmässigen Gestalt nicht für wahrscheinlich, dass das Ganze ein einziges System bilde, vielmehr sei es wahrscheinlicher, dass wir hier eine Menge Systeme, theils neben einander, theils bloss optisch auf einander projicirt sähen. Unter den regelmässig gestalteten Nebeln sind die elliptischen und ringförmigen die häufigsten, oft zeigt sich auch der mittlere Theil heller, und das Ganze wird gegen die Ränder zu verwaschen. Im Sternbilde des grossen Bären in 167° 47′ Rectascension und 13° 54′ nördliche Declination befindet sich ein 4 Minuten langer elliptischer Nebel, der mit demjenigen in der Andromeda sehr viel Aehnlichkeit hat. Den Mittelpunkt nimmt ein heller runder Kern von 20 bis 30 Bogensecunden Durchmesser ein. Das Parsonstowner Riesentelescop hat das Ganze in eine Menge hellerer und dunklerer Partien aufgelöst, und der Kern zeigt sich von abwechselnd hellen und dunklen concentrischen Ringen umgeben. Ein schöner ringförmiger Nebel befindet sich zwischen den Sternen β und γ der Leyer, der scheinbare grösste Durchmesser beträgt kaum 1 Minute. Das Innere ist nach den Beobachtungen des jüngern Herschel minder hell wie die umgebenden Theile. Rosse's Telescop hat das Ganze in Sterne aufgelöst. Die planetarischen Nebel sind höchst sonderbare Gebilde, welche durch ihr genau scheibenförmiges Aeussere und ihr gleichförmiges Licht sofort auffallen. Nicht selten erscheint im Mittelpunkte derselben ein Stern, wie z. B. im Sternbilde der Zwillinge in 110° 9′ Rectascension und 21° 13′ Declination. Der grösste planetarische Nebel befindet sich in der Nähe von β im grossen Bären. Der Durchmesser der Scheibe beträgt nahezu 3 Minuten und der Rand ist ziemlich scharf begrenzt. Wie gross aber der Einfluss eines grösseren oder kleineren Fernrohrs ist, wird bei diesem Nebel sehr klar. Das gewaltige Rosse'sche Telescop zeigt die Nebelscheibe gänz-

lich ungleichmässig erleuchtet und im Innern durch zwei dunkle Flecken geschieden, welche ihrerseits wiederum lichte Mittelpunkte besitzen. Diesen Beobachtungen zufolge gehört demnach dieser Nebel gar nicht einmal in die Klasse der planetarischen. Der schwierig zu beobachtende Nebelfleck im Wassermann ist neuerdings von Lassell auf der Insel Malta mit Hülfe seines grossen Spiegeltelescops untersucht worden. Der Fleck ist von elliptischer Form und hellbläulicher Farbe und es beträgt nach Lassell's Messungen die grosse Axe der Ellipse 26, und die kleine 17 Secunden. Struve in Pulkowa giebt die Durchmesser zu 25 und 17 Secunden, Lamont in München zu $24^5/_{10}$ und $18^3/_{10}$ Secunden an. Bei Anwendung der ungeheuren Vergrösserung von anderthalb Tausend Mal sah Lassell im Innern des Nebels einen brillanten elliptischen Ring, vollkommen scharf und ohne Zusammenhang mit dem umgebenden Nebel, der gleich einem Schleier von der feinsten Gaze jenen bedeckt. Im südwestlichen Theile ist der Ring etwas heller wie in den übrigen Theilen. An den Endpunkten der grossen Axe zeigt sich eine kleine Verlängerung. Dieser Nebel bietet ein deutliches Beispiel der Schwierigkeit, womit die Beobachtung dieser Objecte verbunden ist. Herschel erblickte den Nebel meist als bleiche, runde Scheibe, nur in günstigen Momenten von ovaler Form, indem alsdann ein höchst feiner, dicht am Südrande sich hinziehender Nebelstrich sichtbar wurde. Lamont bemerkte diesen zuerst mit Bestimmtheit und erkannte den elliptischen Ring, der den innern minder hellen Raum umschliesst. Dasselbe findet Rosse in dem mächtigen Parsonstowner Telescope und bemerkte dieser Beobachter noch seine Ausläufer an beiden Endpunkten der grossen Axe der Ellipse. — Im Sternbilde der Eidexe findet sich ein planetarischer Nebel von 12 Secunden Durchmesser und weissbläulichem Lichte, von einem Doppelstern begleitet. Der Rand ist nach Lamont's Beobachtungen heller wie das Innere, so dass der Nebel eigentlich ringförmig erscheint; Rosse's Beobachtungen bestätigen dies. Im Sternbilde des Stieres befindet sich ein runder Nebelfleck von etwa $^1/_2$ Minute Durchmesser, dessen Mittelpunkt durch einen Stern 8. bis 9. Grösse eingenommen wird. Ein ähnlicher Nebel in dem Bilde der Zwillinge, dessen Centralstern von der 8. Grösse, besitzt 12 Secunden Durchmesser. Das matte, bleiche Licht des Nebels hat sich in dem Parsonstowner Telescop in einen Ring, von Strahlen begrenzt, aufgelöst. Ein elliptischer Nebel in 171° 18′ Rectascension und 47° 52′ nördlicher Declination, im Sternbilde des grossen Bären, zeigt gegen die Mitte zu eine auffallende Lichtzunahme, und diesen Mittelpunkt selbst nimmt ein Stern der 15. Grösse ein. Am nördlichen Ende der Nebelellipse befindet sich ein Sternchen 11. Grösse. Nicht selten finden sich auch mehrere Sterne von einer gemeinsamen Nebelhülle umschlossen, so z. B. in 80° 23′ Rectascension und 34° 7′ nördlicher Declination auf der Linie, welche die Sterne ο und χ im Fuhrmann mit einander verbindet. Hier zeigt sich ein rundlicher Nebelfleck, welcher 3 Sterne der 10., 12. und 14. Grösse umschliesst. Der berühmte Nebel im Pegasus erschien in den Herschel'schen Fernrohren sehr langgestreckt elliptisch, indem

die grosse Axe 2 Minuten, die kleinere kaum ½ Minute Ausdehnung besitzt. An den beiden Endpunkten der grossen Axe erschienen zwei Sternchen 12. Grösse, sowie einige kleinere mehr nach der Mitte zu. In Rosse's Telescop nahm dieses Object eine ganz andere Gestalt an. Der elliptische Nebel zeigte sich auch hier, jedoch bei weitem breiter und über die beiden Sterne hinaus sich erstreckend. Das Ganze tangirt indess eine aus unvollständigen concentrischen Ringen gebildete schwächere Nebelmasse, deren Breite 1 Minute übersteigt. Den Mittelpunkt nimmt ein Stern 13. Grösse ein. Es ist unmöglich, mit Worten eine nähere Skizze der vielfachen Gestaltungen zu geben, welche hier zu nennen wären; bald zeigen sich in den mächtigsten Telescopen zwei sich nahe senkrecht durchschneidende Nebelstrahlen, bald rautenartige oder längliche dreieckige Gebilde, deren Spitze ein Sternchen einnimmt, bald runde, ungleichförmig erleuchtete Nebelstrahlen aussendende Gebilde, welche dann wieder von anderen elliptischen Nebeln umgeben sind etc. Alles dies lässt sich mit sammt den Lichtabstufungen selbst durch Zeichnungen nur schwer versinnlichen und bietet aus diesem Grunde hier weniger Interesse. Dagegen sei es nicht unterlassen, hier auf die in neuester Zeit zuerst bemerkte Veränderlichkeit gewisser Nebelflecke aufmerksam zu machen. Im October 1852 hatten nämlich Hind bei Verfertigung seiner Ekliptikalkarten, und Breen bei Aufsuchung des de Vico'schen Kometen einen schwachen Nebel im Sternbilde des Stiers entdeckt, welcher in dem Herschel'schen Nebelverzeichnisse sich nicht vorfand. Diesen Nebel hatte d'Arrest im Winter 1855 bis 1856 vier Mal zu dem Zwecke beobachtet, seine Lage am Himmel genau zu bestimmen, und ihn dabei ziemlich hell gefunden. Ganz nahe diesem Nebel befindet sich ein Stern, den sowohl Hind als d'Arrest von der 10. Grösse schätzen. Diesen Nebel hatte Schönfeld Anfangs 1862 aufgesucht, aber in dem ausgezeichnet lichtstarken 8füssigen Fernrohre der Mannheimer Sternwarte das eine Mal nicht mit Sicherheit sehen können, ein zweites Mal denselben, als bei reiner Luft vielleicht vorhanden, notirt. Im October des nämlichen Jahres suchte d'Arrest den Nebel auf's Neue auf, konnte aber selbst in dem neuen Kopenhagener Refractor keine Spur desselben sehen. Durch dieses negative Resultat aufmerksam gemacht, suchten sowohl Hind als die Pariser Astronomen Leverrier und Chacornac im Jahre 1862 nach dem Nebel, konnten indess selbst mit Hülfe des grossen Foucault'schen Spiegeltelescops Nichts bemerken, ebenso Secchi in Rom bei Anwendung des mächtigen Cauchoix'schen Fernrohrs. Auch Lassell auf Malta sah sich vergebens nach dem Nebel um; sein grosses 37füssiges mit einem Spiegel von 4 Fuss Durchmesser versehenes Telescop, liess ihn keine Spur desselben sehen; nur allein der 21füssige Refractor in Pulkowa ist noch im Stande, den Nebel zu zeigen. In der Nähe dieses Nebels befindet sich, wie bemerkt, ein Stern der 10. Helligkeitsklasse; auch dieser hat gleichzeitig mit dem Nebel bedeutend an Lichtstärke abgenommen. Im October 1861 schätzte man ihn zur 11. Helligkeitsklasse, im Januar 1862 in Paris und London zur 12. Grösse, im Februar war er bereits bis zur 14. Grössenklasse herabgegangen. Wenn

demnach nicht ganz eigenthümliche Versehen vorgefallen sind, was kaum die Menge der Thatsachen anzunehmen gestattet, so sind im Laufe weniger Jahre Stern und Nebel bedeutend schwächer geworden. Bei dem Stern könnte man Veränderlichkeit annehmen, wie sich diese bei so vielen andern zeigt, aber ein Nebel, der in so kurzer Zeit so bedeutende Aenderungen erleidet, würde alle unsere Ansichten über die Natur dieser Himmelskörper über den Haufen werfen. Man könnte übrigens geneigt sein, an eine gemeinschaftliche Verdeckung beider Gegenstände durch irgend eine im Weltenraume befindliche Masse zu denken, wie Sir John Herschel eine solche als mögliche Ursache des Farbenwechsels des Sirius anzunehmen vorgeschlagen hat.

Die planetarischen Nebel zählen zu den merkwürdigsten Gebilden des Himmels; ihren Namen haben sie von der planetarischen Scheibe, mit welcher sie im Fernrohre erscheinen, „doch beweist", wie William Herschel bemerkt, „ungeachtet ihres planetarischen Aussehens einiger übrig gebliebene Duft, der sie mehr oder weniger umgiebt, ihren Ursprung aus Nebel." In seiner Abhandlung von 1802 sagt Herschel: „Nehmen wir an, dass die planetarischen Nebel eine grosse Masse Materie enthalten, gleich der, aus welcher unsere Sonne besteht, umgeben mit dichten, leuchtenden Wolken, so erhellt augenscheinlich, dass die innere Helligkeit derselben weit geringer sein muss, als auf der Sonne. Ein Theil der Sonnenscheibe, 15" im Durchmesser, würde den höchsten Glanz des Vollmondes weit übertreffen, während das Licht eines planetarischen Nebels von gleicher Grösse, kaum dem Lichte eines Sternes 8. oder 9. Grösse gleich ist. Nehmen wir andererseits an, es seien Gruppen oder Haufen von Sternen, in einer Entfernung, welche gross genug ist, sie auf einen so kleinen scheinbaren Durchmesser zurückzuführen, so sind wir in Verlegenheit, von ihrem gleichförmigen Lichte Rechenschaft zu geben, wenn es Sternhaufen, und von ihrer kreisförmigen Gestalt, wenn es bloss Gruppen von Sternen sind." Herschel kommt im Verfolge seiner ferneren Ueberlegungen zu dem Resultate, dass die planetarischen Nebel vielleicht aus grösseren, unregelmässigen Nebeln sich verdichtet hätten, und im Laufe der Zeit zu wirklichen Sternen würden. „Ein Umstand", so fährt er fort, „wodurch alle diese sehr zusammengedrängten Nebel sich dem Charakter mancher unserer wohlbekannten Körper am Himmel nähern, ist derjenige, dass sehr wahrscheinlich die meisten, wo nicht alle, sich um ihre Axe drehen. Sieben von zehn, die ich angeführt, sind nicht vollkommen rund, sondern sehr wenig elliptisch. Sollten wir diese Gestalt derselben Ursache zuschreiben, welche die Polardurchmesser der Planeten gedrückt hat, nämlich einer rotatorischen Bewegung? Ich habe bereits früher eine Gestaltung der Nebelmaterie angegeben, deren letzte Verdichtung so geordnet zu sein scheint, dass sie im Kerne eine rotatorische Bewegung hervorbringt. Betrachten wir aber diese Materie unter allgemeinen Gesichtspunkten, so erhellt, dass jede Figur, die nicht bereits sphärisch geworden ist, excentrische Nebelmaterie enthält, die in ihrem Bestreben, zum Mittelpunkte zu gelangen, entweder einen Theil der Nebelmaterie, der sich schon niedergesenkt hat, aus seiner

Stelle treibt, oder seitwärts über denselben hinweggeht. In beiden Fällen wird eine rotirende Bewegung erzeugt. Demnach können wir in der That kaum die Möglichkeit der Entstehung einer Kugelform denken, ohne eine daraus folgende Umkreisung der Nebelmaterie, welche schliesslich in eine regelmässige Umdrehung um eine feste Axe ausschlagen wird. Mehrere von den ausgedehnten unregelmässigen Nebeln sind beträchtlich elliptisch, und die runden zeigen im Allgemeinen eine Annäherung zur Eiform. Alle diese Gestalten sind der Ansicht günstig, dass eine rotatorische Bewegung öfter eintritt, selbst ehe der Kern zu einem Zustande von Verdichtung gelangt ist. Der Einwurf, dass die merkwürdige Form planetarischer Nebel bloss Zufall sei, verdient kaum angeführt zu werden. Denn die Unwahrscheinlichkeit einer solchen Voraussetzung verweigert ihr allen Anspruch auf Widerlegung."

William Herschel hat im Ganzen, in den Jahren 1782—1794, 1798 und 1801, 78 Nebelgebilde beobachtet, die er in seinen Verzeichnissen unter der Klasse der „Planetarischen Nebel" aufführt. Die wichtigsten derselben sollen hier herausgehoben werden:

No. 1, sehr hell, $5^m\ 24^s$ dem Sterne υ im Wassermanne vorangehend, sehr nahe rund, doch ist die planetarische Scheibe nicht scharf begrenzt.

No. 11, ziemlich hell, rund, e im Schlangenträger $1^m\ 42^s$ vorangehend, scharf begrenzte planetarische Scheibe, von 30" bis 40" Durchmesser.

No. 13, lichtschwach, genau rund, von gleichförmigem Lichte, 39h im Schwan um $8^m\ 6^s$ vorangehend, mit ziemlich scharf begrenztem Rande.

No. 14, d im Adler $6^m\ 6^s$ vorangehend, sehr schwer wahrzunehmen, 1' Durchmesser, befindet sich in der Mitte zahlloser Sterne der Milchstrasse und ist selbst in Sterne auflösbar.

No. 16, η im Pfeil um $17^m\ 12^s$ folgend, 40" bis 50" im Durchmesser, vollkommen rund, ziemlich gut begrenzt und in Sterne auflösbar.

No. 18, 14 Andromedae, $6^m\ 11^s$ vorangehend, helle, gut begrenzte planetarische Scheibe von 15" Durchmesser.

No. 26, γ Eridani $16^m\ 16^s$ folgend, vollkommen rund, oder doch nur wenig elliptisch, die Scheibe schlecht begrenzt. In einer zweiten Beobachtung löste Herschel den Rand in Sterne auf und glaubt, dass das Ganze ein Sternhaufen in unermesslicher Ferne ist.

No. 27, 1^m dem Sterne 63b Becher folgend, 40" bis 60" im Durchmesser, schöne glänzende aber schlecht begrenzte, gelbliche planetarische Scheibe, durchweg gleichförmig hell.

No. 53, ziemlich heller, etwas elliptischer, gut begrenzter planetarischer Nebel, dem Sterne 10 Giraffe um $55^m\ 42^s$ in Rectascension vorangehend. Der Durchmesser beträgt 60", das Licht der Scheibe ist gleichförmig.

No. 62, γ gr. Bär um $2^m\ 27^s$ folgend, sehr hell, vollkommen rund. Eine grosse Stelle in der Mitte ist gleichförmig hell, gegen den Rand hin nimmt dann der Glanz ab.

No. 69, 26 Fuhrmann um $88^m.24^s$ vorangehend, von Herschel als „sonderbare Erscheinung" bezeichnet. Der berühmte Beobachter sagt: „Ein Stern 8. Grösse, mit einer zarten Lichtatmosphäre von kreisrunder Gestalt, etwa 3′ Durchmesser. Der Stern ist vollkommen in der Mitte und die Atmosphäre ist so verwaschen, zart und durchaus gleichförmig, dass man nicht annehmen kann, sie bestehe aus Sternen. Auch kann kein Zweifel stattfinden, über die Verbindung zwischen der Atmosphäre und dem Sterne. Ein anderer Stern von nicht viel geringerem Glanze war zu gleicher Zeit im Felde des Fernrohrs mit dem obigen, aber vollkommen frei von irgend einer solchen Erscheinung."

No. 73, 16c im Schwan um $2^m 51^s$ folgend. „Ein heller Punkt, etwas gedehnt, wie zwei Punkte nahe an einander, hell wie ein Stern 8.—9. Grösse, von sehr hellem milchichtem Nebel umgeben, der plötzlich begrenzt ist, hat ganz das Ansehen eines planetarischen Nebels mit hellem Centrum. Der Rand ist übrigens nicht sehr gut begrenzt; er ist vollkommen rund und ich schätze ihn auf $^1/_2$′ Durchmesser. Er ist ein Mittelding zwischen dem planetarischen Nebel und dem nebelichten Stern; ein schöner Gegenstand."

No. 75, γ Cephei $14^m 40^s$ folgend, 3 Sterne 9. Grösse, in Nebel gehüllt. Das Ganze auf einem Raume von 90″ Durchmesser. Andere Sterne derselben Grösse sind von Nebel frei.

Die zuletzt genannten Gebilde bilden den Uebergang zu den Nebelsternen. Ueber sie sagt Herschel in seiner Abhandlung von 1802: „Die Natur dieser merkwürdigen Gegenstände ist in grosse Dunkelheit gehüllt. Es werden wahrscheinlich Zeitalter von Beobachtungen erfordert werden, bevor wir im Stande sind, eine geeignete Ansicht über ihren Zustand zu fassen. Dass Sterne sichtbare Atmosphären haben sollten, von solcher Ausdehnung, wie diejenigen sind, deren Oerter ich in meinen Verzeichnissen angegeben habe, ist wahrhaft überraschend, wenn wir nicht solchen Atmosphären die Eigenschaft selbstleuchtenden, milchichten Nebels zutheilen. An der sternigen Natur des centralen Punktes zu zweifeln, dazu haben wir keine Ursache; denn in keiner Hinsicht unterscheidet sich sein Aussehen von demjenigen eines Sternes der gleichen Grösse. Aber wenn wir die grosse Entfernung solcher Sterne in Betracht ziehen, so ist die Ausdehnung des sie umgebenden Nebels wahrhaft wunderbar." Derham und Lacaille, welche einige Nebelsterne beobachtet haben, glaubten, dass die Sterne physisch in gar keinem Zusammenhange mit dem Nebel ständen, sondern sich nur optisch, für unsern Anblick auf denselben projicirten. Mairan widersprach zuerst (1731) und mit Reht dieser Annahme, und die zahlreichen und aufmerksamen Beobachtungen des älteren Herschel haben sie gänzlich und für immer zurückgewiesen. Herschel macht mit Recht darauf aufmerksam, dass schon allein die Zahl der Beispiele, in welchen ein Stern genau im Centrum einer kreisförmigen, gegen die Ränder an Helligkeit abnehmenden Nebelmasse steht, zu gross ist, um hierbei an den blossen Zufall zu denken. Es findet vielmehr ein physisches Connex statt.

Ehe ich zu der letzten Klasse der Nebelgebilde, den doppelten

und mehrfachen Nebeln übergehe, habe ich noch einiger sonderbaren Gestaltungen zu gedenken, welche dem südlichen Himmel einen ganz besonderen Reiz verleihen. Es sind dies die beiden hellen, wolkigen Flecke, welche den Namen der Magellanischen Wolken führen. Die grössere hat eine grösste Länge von 20 Grad und etwa 6 Grad Breite; die kleinere, welche bei Mondschein verschwindet, besitzt etwa 12 Grad Länge und 3 Grad Breite. Die grössere Wolke kommt zuerst unter Bezeichnung el-baker, der Ochse, in einem Werke des Persischen Astronomen Abdurrahman Sufi vor, welches Anleitung zur Kenntniss des gestirnten Himmels giebt. Vespucci und Petrus Anghiera schilderten später die beiden merkwürdigen Gegenstände; aber der glänzende Ruf und die lange Dauer der magellanischen Weltumseglung (vom August 1519 bis zum September 1522), der lange Aufenthalt einer zahlreichen Mannschaft unter dem südlichen Himmel, verdunkelte alles früher Beobachtete, und der Name der Magellanischen Wolken verbreitete sich unter den schifffahrenden Nationen des Mittelmeeres. Aber noch lange nachher wusste man von diesen sonderbaren Lichtflecken wenig Genaues, und die seltsamsten Meinungen über dieselben verbreiteten sich. Im Jahre 1685 schrieb der Jesuit Fontaney: „Die grosse und die kleine Wolke sind zwei sonderbare Dinge. Sie erscheinen durchaus nicht als ein Haufen von Sternen wie der Sternhaufen im Krebs, noch auch in jenem trüben Lichte wie der Nebel in der Andromeda. Man bemerkt in denselben auch mit sehr grossen Fernrohren selbst Nichts, obgleich sie ohne diese Unterstützung dem Auge sehr weiss erscheinen, besonders die grössere Wolke." Die genauere Kenntniss dieser sonderbaren Gebilde begann erst mit der berühmten Expedition des jüngern Herschel nach dem Cap der guten Hoffnung. Aus den Arbeiten dieses grossen Astronomen ergab sich, dass die Magellanischen Wolken weder als Theile der Milchstrasse, wie Einige behaupteten, noch auch als zwei Sternhaufen oder einfache Nebelflecke betrachtet werden dürfen. Vielmehr zeigte sich, dass beide Gebilde ein wundersames Aggregat von Nebelflecken, Sternhaufen und einzelnen Sternen vorstellen, dessen Detail Herschel wohl beobachtet und gezeichnet hat; die grosse Wolke enthält nach seinem Verzeichnisse 291 Nebelflecke, 46 Sternhaufen und 582 Sterne; die kleinere 37 Nebelflecke, 7 Sternhaufen und 200 Sterne. Mit den Magellanischen Lichtwolken contrastiren, beiläufig bemerkt, die schwarzen Flecke oder Kohlensäcke, deren ebenfalls zuerst Vespucci und Anghiera erwähnen. Der auffallendste dieser Flecken, welcher mehr als 30 Quadratgrade bedeckt, befindet sich im Sternbilde des südlichen Kreuzes ungefähr zwischen β des Centauren und α Crucis. Auf diesem grossen Raume zeigt sich nur ein einziger Stern 6.—7. Grösse, dagegen eine Anzahl von Sternchen 11.—13. Grösse. Im Durchschnitt befinden sich, den Sternaichungen zufolge, in gleicher Grösse des Gesichtsfeldes 7 bis 9 telescopische Sterne, während an den Rändern umher 120 bis 200 Sterne stehen. Die auffallende Schwärze des Raumes wird durch den Contrast der Sternfülle ringsherum erklärt. „So lange ich in der südlichen Tropengegend war", sagt Humboldt, „unter dem sinnlichen

Eindruck der Himmelsdecke, die mich so lebhaft beschäftigte, schien mir aber wohl mit Unrecht die Erklärung durch den Contrast nicht befriedigend. William Herschels Betrachtungen über ganz sternleere Räume im Scorpion und im Schlangenträger, die er Oeffnungen in dem Himmel nennt, leiteten mich auf die Idee, dass in solchen Regionen die hinter einanderliegenden Sternschichten dünner, oder gar unterbrochen seien, dass unsere optischen Instrumente die letzten Schichten nicht erreichen, dass wir wie durch Röhren in den fernsten Weltraum blicken." Ich komme nach diesen kurzen Bemerkungen über einige der auffälligsten Objecte der uns abgewandten Himmelshälfte zu der vierten und letzten Klasse der Nebelflecke, den doppelten und mehrfachen Nebeln zurück. Wenn man die relative Seltenheit der mehr oder minder regelmässig gestalteten Nebel bedenkt, wenn man ferner die geringe Wahrscheinlichkeit erwägt, die dafür spricht, dass sich in einem bestimmten Falle zufällig zwei oder mehrere dieser sonderbaren Himmelskörper sehr nahe bei einander stehend zeigen, so muss man mit Recht erstaunen, dass nach Herschel dem Jüngeren jetzt bereits 146 Doppelnebel, 25 dreifache, 10 vierfache, 1 fünffacher und 2 sechsfache Nebel aufgefunden worden sind. Solche Häufigkeit kann unmöglich dem Zufalle zugeschrieben werden. Grade so wie die grosse Anzahl der Doppelsterne, welche in geringen Distanzen von einander sich befinden, mit Nothwendigkeit dazu leitet, dass in solcher Vertheilung nicht allein ein blinder Zufall waltete, sondern dass vielmehr die weitaus grösste Zahl dieser Sterne nicht nur scheinbar, sondern in der That aus zwei nahe bei einander stehenden Sonnen besteht, d. h. physisch zusammengehören, so ist man auch versucht anzunehmen, dass zwei oder mehrere Nebel in physischem Verbande zu einander stehen und ein System höherer Ordnung bilden. Professor d'Arrest, der sich in neuester Zeit sehr viel mit der Untersuchung der Nebelflecken beschäftigt, bemerkt über die Doppelnebel, dass nach seinen Untersuchungen die Anzahl der wahrscheinlich physisch verbundenen Nebelflecke ganz unerwartet gross sei im Verhältniss zu dem Vorkommen von Doppelsternen unter den Fixsternen; die Zahl der Doppelnebel möge vielleicht gegen 300 betragen, es sei kaum noch zweifelhaft, dass man in Zukunft die Bahnen von Doppelnebeln zu berechnen versuchen werde.. Unter den bisher beobachteten Doppelnebeln ist es gegenwärtig, da man bis zur neuesten Zeit kein specielles Augenmerk auf diesen Gegenstand gerichtet hatte, nicht möglich, Umlaufsbewegungen um einander mit Sicherheit nachzuweisen. Andeutungen über solche Veränderung in der gegenseitigen Stellung der Doppelnebel sind vorhanden; so bei No. 316 des John Herschelschen Katalogs. Bei diesem Doppelnebel betrug nämlich die Distanz 1785: 60 Secunden, 1827: 45 Secunden und der Positionswinkel 45 Grad. Im Jahre 1862 fand d'Arrest die gegenseitige Distanz nur noch gleich 28 Secunden, während der Positionswinkel 56° 32' betrug. Es scheint daher hier eine Umlaufsbewegung unzweifelhaft, über ihre Dauer lässt sich indess noch nichts Sicheres bestimmen. Wenn man indess beachtet, dass nach den schnellen Aenderungen der

Distanzen und der Positionswinkel zu schliessen, die Umlaufszeit der beiden Nebel um einander sehr wahrscheinlich nicht bedeutender sich herausstellen wird, wie diejenige mancher Doppelsternsysteme innerhalb unserer Sternschicht; wenn man ferner erwägt, dass die scheinbaren Durchmesser mancher Doppelnebel von derselben Ordnung sind, wie ihre scheinbaren Winkelabstände, so führen solche Beobachtungen zu sehr auffallenden Schlüssen über die Stellung von Doppelnebeln zum Universum und speciell zu unserm Fixsternsystem, die sehr im Widerspruche stehen mit den Annahmen, welche allgemein heute als die wahrscheinlichsten betrachtet werden. In der That ein Sterncomplex, dessen Entfernung von uns so bedeutend wäre, dass selbst die mächtigsten Telescope ihn nur als runde Nebelscheibe erkennen liessen, und zwar als Nebelscheibe von einem Durchmesser, der viele Bogensecunden beträgt, ein solcher Sterncomplex kann nach dem, was wir im Vorhergehenden über die Dimensionen des weltenerfüllten Raumes einerseits und die Raum durchdringende Kraft der Fernrohre andererseits erkannt haben, nicht sehr an Grösse und Sternfülle von unserer Sterninsel verschieden sein. Die Richtigkeit dieser Behauptung ist leicht nachzuweisen. Es giebt planetarische Nebel von einer Bogenminute Durchmesser, und diese Objecte lösen sich nicht in Sterne auf, selbst unter Anwendung eines 20füssigen Spiegeltelescops. Ich könnte hinzufügen, dass dies gleichfalls nicht gelingt, mit Hülfe eines 40füssigen, ja des 50füssigen Riesenreflectors, welchen Lord Rosse zu Parsonstown aufgestellt hat. Nun, Fernrohre, welche Sternhaufen in Sterne zerlegen, deren Abstand von uns mindestens 4000 Siriusweiten oder etwa 16,000 Billionen Meilen beträgt, weshalb sollten sie nicht einen Nebel, der eben so weit abstände und in Wirklichkeit aus Sternen zusammengesetzt wäre, auch in diese letzteren auflösen? Es ist kein Grund vorhanden, weshalb dies nicht der Fall sein solle. Wir haben aber gesehen, dass in Wirklichkeit die eigentlichen planetarischen Nebel selbst unter Anwendung der grössten Fernrohre unaufgelöst geblieben sind. Es folgt daraus, dass diese Naturgebilde mehr als 16,000 Billionen Meilen von uns entfernt sind, falls sie aus einzelnen Sternen bestehen. Dann aber kommen ihnen, nach ihrer scheinbaren Grösse zu schliessen, wahre Durchmesser von 4 Billionen Meilen zu. Solche Durchmesser müssen jene Massen mindestens haben; aber Nichts hindert uns anzunehmen, dass dieselben weit grösser sind; ja, dies wird sogar aus andern Gründen das Wahrscheinlichste sein. Wir ersehen also aus diesen Betrachtungen, dass jene Nebelflecke, falls sie aus Sternanhäufungen bestehen, Dimensionen besitzen, vergleichbar denjenigen, welche unsere Fixsternwelt besitzt. Nichts desto weniger sollen solche gewaltige Weltsysteme, bestehend aus unzähligen Fixsternen, sich gegenseitig umkreisen, innerhalb einer Periode, die der Dauer menschlicher Einrichtungen vergleichbar wäre. Es würde hieraus folgen, dass jene Sternsysteme wenigstens in einzelnen Fällen mit einer Geschwindigkeit von 1 Billionen Meilen alljährlich, sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt bewegten (4000 Mal schneller, wie sich unsere Sonne durch den Raum bewegt), was einer Geschwindigkeit von etwa 2 Millionen in jeder Minute entspricht. Eine solche

Geschwindigkeit ist indess eine so enorme, dass sie in der That gegründete Bedenken hervorruft; weniger jedoch wegen ihrer absoluten Grösse an und für sich, als wegen der Verhältnisse, unter welchen sie auftritt. Zwei kugelförmige Fixsternhaufen, deren jeder aus vielen Tausend Sonnen besteht, können im Allgemeinen keinen dauernden Bestand haben, wenn sie um einen gemeinsamen Schwerpunkt kreisen, dessen Abstand von den äussersten Sternen der beiden Weltsysteme nur wenig von dem Halbmesser dieser letztern verschieden ist, besonders wenn die Umlaufszeiten innerhalb beider Systeme unvergleichlich langsamer vor sich gehen, wie diejenigen der Gesammtcomplexe überhaupt. In unserem Sonnensysteme und in unserem Fixsternreiche sind die zu einem Verbande gehörigen Complexe durch Räume getrennt, gegen welche die Abstände innerhalb dieser Complexe selbst nur von untergeordneter Grösse sind. Die Entfernungen der Monde von den Planeten betragen Tausende, jene der Planeten von der Sonne und der Doppelsterne von einander Millionen, die Fixsterne selbst sind durch Billionen von Meilen von einander getrennt.

Es spricht sonach die Analogie und eine aus dem erkannten Baue des Universums hergeleitete sehr hohe Wahrscheinlichkeit gegen die Annahme, dass die sogenannten planetarischen Doppel- und mehrfachen Nebel sammt und sonders aus eben so vielen Anhäufungen unendlich weit entfernter Fixsterne bestehen. Vielmehr sind die meisten Gebilde dieser Art eben nur Nebel, die durch einen Centralstern erleuchtet werden, und die meisten Doppelnebel, gewiss aber diejenigen, welche bereits in kurzer Zeit Andeutungen einer Umlaufsbewegung um einander zeigen, sind gewiss nur von Nebelhüllen umgebene Doppelsterne unseres Fixsternsystems.

Was die wahre Natur der Nebelflecke anbelangt, so glaubten schon lange vor Herschel: Halley, Lacaille u. A., dass diejenigen Gebilde, welche uns als sternlose Nebelflecke erscheinen, nichts Anderes als ungeheure Sternhaufen sind, deren einzelne Sterne wir wegen der ungemeinen Entfernung dieser Gebilde, selbst in den grössten Telescopen nicht mehr einzeln unterscheiden können. Derselben Ansicht war anfänglich auch Herschel, aber die späteren Untersuchungen mittels seiner grossen Telescope liessen ihn sich entschieden für das Vorhandensein einer wirklichen Dunstmaterie in den Nebelflecken erklären. Lord Rosse, der mittels seines 50füssigen Reflectors einen sehr grossen Theil der Herschel'schen Nebel in Sterne zerlegte, ist wieder zu der Ansicht zurückgekehrt, in den Nebelflecken entfernte Sternhaufen zu sehen.

Die so überaus fruchtbare Spectralanalyse hat auch hier zum ersten Male positive Ergebnisse an Stelle der auf Analogie beruhenden Schlüsse gesetzt. Sie hat mit Evidenz gezeigt, dass in der That wirkliche, selbstleuchtende Nebel im Weltraume existiren, und dass dieselben nichts Anderes als glühende Gasmassen sind. Huggins hat zuerst im August 1864 das Spectrum eines Nebelfleckes gesehen und erkannt, dass dasselbe aus 3 hellen Linien bestand, so dass der Nebel sich als wahre, selbstleuchtende Gasmasse offenbarte. Die glänzendste Linie befindet sich in der Nähe der hellsten Linien des

Stickstoffspectrums, die schwächste fällt zusammen mit der Fraunhofer'schen Linie F des Sonnenspectrums, einer Linie des Wasserstoffs. Die übrigen Linien des Stickstoffs und Wasserstoffs sind nicht sichtbar, allein man weiss, dass dies stets der Fall ist, sobald jene Gase, oder vielmehr ihre Spectra, unter geringem Drucke und bei niedriger Temperatur beobachtet werden. Sonach dürfen wir also schliessen, dass die Temperatur der Nebelflecke beträchtlich geringer als diejenige unserer Sonne ist, und dass sie ferner eine ungemein geringe Dichtigkeit besitzen. Alle Nebel, welche in starken Telescopen in Sterne aufgelöst worden sind, zeigen ein continuirliches Spectrum, ohne helle Linien. Lord Oxmontown hat in einer Tabelle die Beobachtungen von Huggins mit den Resultaten der Untersuchungen seines Vaters, des Lord Rosse, über die Auflöslichkeit der Nebelflecke zusammengestellt. Diese Tabelle folgt hier.

	Continuirliches Spectrum.	Linien-Spectrum.
Sternhaufen	10	0
Aufgelöst oder wahrscheinlich aufgelöst .	10	0
Auflösbar „ „ auflösbar .	5	6
Blau oder grün, wahrscheinlich nicht auflösbar	0	4
Keine Spur von Auflösbarkeit	6	4
Von Rosse nicht beobachtete Nebel . .	10	5
Summa	41	19

Sonach zeigt sich also eine recht befriedigende Uebereinstimmung zwischen den Ergebnissen des Telescops und des Spectroscops, indem Sternhaufen und aufgelöste Nebelflecke ausnahmlos continuirliche Spectra liefern, während von den Nebeln mit Linienspectren kein einziger sich als in Sterne auflösbar zeigte.

Nebenplaneten oder Monde, Satelliten, Trabanten, werden diejenigen Weltkörper unseres Sonnensystems genannt, welche um Hauptplaneten und mit diesen um die Sonne laufen. Bis zur Erfindung der Fernrohre kannte man nur einen einzigen Nebenplaneten, nämlich unsern Mond, gegenwärtig ist die Anzahl derselben auf 18 gestiegen, nämlich:

1 Mond der Erde.

4 Monde des Jupiter (entdeckt von Galilei im Januar 1610).

8 Monde des Saturn (die der Zeit ihrer Entdeckung nach folgende Reihenfolge haben: 6. Mond [Titan] entdeckt von Huyghens am 25. März 1655; 8. Mond [Japetus] entdeckt von Cassini im October 1671; 5. Mond [Rhea] entdeckt von Cassini am 23. December 1672; 4. Mond [Diane] entdeckt von Cassini am 21. März 1684; 3. Mond [Thetis] entdeckt von Cassini am 21. März 1684; 2. Mond [Enceladus] entdeckt von W. Herschel am 18. Juli 1789; 1. Mond [Mimas] entdeckt von W. Herschel am 28. August 1789; 7. Mond [Hyperion] entdeckt am 16. September 1848 von Bond).

4 Monde des Uranus (mit Sicherheit erkannt von Lassell auf Malta).

1 Mond des Neptun (entdeckt von Lassel im August 1847).

Die nachstehende Tabelle enthält die Bahnelemente sämmtlicher Satelliten, von denen die beiden innersten des Uranus eine retrograde Bewegung zeigen, mit Ausnahme derjenigen unseres Mondes, welche sich in dem Artikel Mond finden.

	Umlaufszeit.	Mittlere Distanz.	Excentricität.	Durchmesser.
1. Jupitersmond	$1^d\ 18^h\ 27^m\ 33{,}5^s$	1' 51,742"	—	509 Meilen.
2. „	3 13 13 42,0	2 57,797	—	457 „
3. „	7 3 42 33,4	4 43,606	0,001348	746 „
4. „	16 16 32 11,3	8 18,866	0,007275	639 „
1. Saturnsmond	0 22 36 17,7	3,1408 Saturnshalbm.	0,0689	—
2. „	1 8 53 2,7	4,0319 „	—	—
3. „	1 21 13 33,0	4,9926 „	0,0051	300 „ (?)
4. „	2 17 41 8,9	6,8398 „	—	—
5. „	4 12 25 10,8	9,5528 „	—	—
6. „	15 22 41 25,2	20,7060 „	0,029223	400 „
7. „	21 6 49	26,85 „	0,115	—
8. „	79 7 54	64,4 „	0,0284	—
1. Uranusmond	2 12 29 20,7	14,79 Bogensecunden.		—
2. „	4 3 28 7,5	20,61 „		—
3. „	8 16 56 25,6	33,88 „		—
4. „	13 11 6 55,4	45,2 „		—
Neptunsmond	5 21 4 9	17,95 „	0,02016	—

Die Satelliten des Jupiter sind einzeln mit blossem Auge nicht, dagegen schon mit einem gewöhnlichen Taschenfernrohre sehr leicht wahrzunehmen. Schon ein gutes Instrument erfordert die Wahrnehmbarkeit des 6. Saturnsmondes, Instrumente ersten Ranges aber sind erforderlich, um die Monde des Uranus zu beobachten. Aus gewissen Helligkeitsbeobachtungen der Jupiters- und Saturnsmonde hat sich ergeben, dass diese, wie unser Mond, sich genau in derselben Zeit um ihre Axe drehen, wie sie einen Umlauf um ihre Centralkörper vollbringen.

Was die Bewegungsverhältnisse der Satelliten anbelangt, so ist, abgesehen von unserm Monde, bis jetzt bloss eine genauere Theorie der Bewegung der Jupitersmonde ausgebildet worden, die durch den Umstand sehr vereinfacht ist, dass die Störungen durch die Sonne nur bei den allerschärfsten Rechnungen berücksichtigt zu werden brauchen, und dass die Bahnen der beiden innersten Monde keine von der Störung unabhängige Excentricität besitzen. Was die 3 innersten Jupitersmonde anbelangt, so hat Laplace folgende Gesetze für ihre Bewegung aufgestellt: 1) Die mittlere Winkelbewegung des ersten Mondes + der doppelten mittleren Bewegung des zweiten Mondes ist gleich der dreifachen mittleren Winkelbewegung des dritten Mondes. 2) Die mittlere Länge des ersten Mondes — der dreifachen mittleren Länge des zweiten + der doppelten mittleren Länge des dritten Trabanten ist stets fast genau 180°. Die 3 innersten Jupitersmonde können also niemals gleichzeitig verfinstert werden. Vergleicht man die synodischen Umlaufszeiten der Monde mit einander, so ergiebt sich,

dass 247 Umläufe des ersten gleich sind 123 des zweiten und ebenso 61 des dritten Trabanten, nämlich 437 $^1/_6$ Tage.

Im Jahre 1845 machte Sir John Herschel auf eine analoge Eigenthümlichkeit in der Umlaufsperiode mehrerer Saturnsmonde aufmerksam. Es ist nämlich die Periode des dritten Satelliten das Doppelte von jener des ersten, und der vierte Mond hat die zweifache Umlaufszeit des zweiten. Unlängst hat d'Arrest noch auf eine andere Eigenthümlichkeit aufmerksam gemacht; es sind nämlich:

494	Umläufe	des	1.	Saturnsmondes	=	465	Tage	18	Stunden.
340	„	„	2.	„	=	465	„	18	„
247	„	„	3.	„	=	465	„	18	„
170	„	„	4.	„	=	465	„	18	„

Neigung der Bahn nennt man den Winkel, welchen die Bahnebene eines Planeten oder Kometen mit einer andern als Grundebene betrachteten Ebene bildet. Als solche nimmt man im Allgemeinen stets die Ebene der Ekliptik oder der Erdbahn an. Die Ebenen sämmtlicher Bahnen von Planeten und Kometen in unserm Sonnensysteme gehen durch die Sonne. Die gerade Linie, in welcher die Ebene einer Bahn im Sonnensysteme die Ebene der Erdbahn schneidet, geht daher auch durch die Sonne und wird Knotenlinie (s. d.) genannt. Die Bahnneigungen der Planeten und Kometen sind keineswegs unveränderlich und zwar allein schon aus dem Grunde nicht, weil die Ebene der Erdbahn ihre Lage im Raume verändert. Doch sind diese Aenderungen ungemein gering.

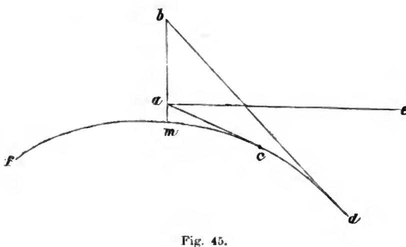


Fig. 45.

Neigung des Meerhorizonts, Depression, Kimm, nennt man den Winkel, welche eine vom Auge des Beobachters nach einem Punkte des Horizonts gezogene Linie ac (Fig. 45) mit der wagerechten ae macht. Man sieht aus der Figur ohne Schwierigkeit ein, dass der Depressionswinkel wächst in dem Maasse, wie sich der Beobachter über die Meeresfläche erhebt. In Folge der Depression ist der Winkel vom Zenith bis Horizonte grösser als 90°, und zwar bei einer Erhebung von 10 Fuss um 3,5′, bei einer Erhebung von 100 Fuss um 11′, bei einer Erhebung von 1000 Fuss um 35′, bei einer Erhebung von 10,000 Fuss um 1° 50′. Die genauere Bestimmung der Neigung des Meerhorizonts ist für die Nautik, welche nur mit Bezug auf den scheinbaren Horizont die Sternhöhen messen kann, sehr wichtig, um daraus die Höhen der Gestirne mit Bezug auf den wahren Horizont abzu-

leiten. Nennt man den Erdradius r, die Erhebung des Auges über die Meeresfläche h, d den Depressionswinkel und berechnet:

$$\sin k = \frac{r}{r + h}, \text{ so findet sich } d = 90^0 - k.$$

Zur unmittelbaren Messung der Depression dient der Dipsector (s. d.).

Nervander, Johann Jacob, geb. am 23. Februar 1805 zu Nystad in Finnland, gest. am 15. März 1848 zu Helsingfors, wurde nach ausgedehnten Reisen durch Europa 1838 Director des Magnetischen Observatoriums in Helsingfors, sowie 1841 Professor der Physik an der dortigen Universität. Im Jahre 1845 veröffentlichte er Untersuchungen über eine Periode der Temperatur von $27\,^{13}/_{30}$ Tage, welche er der ungleichen Wärmestrahlung der verschiedenen Seiten der Sonnenoberfläche zuschrieb.

Neue Sterne, s. Fixsterne.

Neumond nennt man den Mond dann, wenn er zwischen Sonne und Erde steht und uns also seine Nachtseite zuwendet. Der astronomische Moment des Neumondes findet statt, wenn Sonne und Mond gleiche Länge haben, in Conjunction stehen. Zur Zeit des Neumondes ist natürlich unser Satellit nicht sichtbar; Hevel bemerkt, dass er den Mond nie früher als 40 Stunden nach und nie später als 27 Stunden vor der Conjunction gesehen habe. Zur Zeit des Neumondes erscheint, vom Monde aus gesehen, die Erde in vollem Lichte; sie sendet dann dem Monde so viel Licht zu, dass wir selbst den Widerschein dieses Widerscheines wahrnehmen können. Das ist das aschgraue Licht, in welchem um die Zeit des Neumondes herum die Nachtseite des Mondes erglänzt.

Newton, Isaac, der Entdecker des Gesetzes der allgemeinen Schwere, geb. am 5. Januar 1643 (n. St.) zu Whoolsthorpe bei Grantham in Lincolnshire, gest. am 31. März 1727 zu London, war Anfangs, da er in der Schule zu Grantham keine besondern Fähigkeiten zeigte, für die Landwirthschaft bestimmt, setzte indess, durch die Bemühungen eines Verwandten unterstützt, seine Studien auf der Universität zu Cambridge fort, wo er schon vor 1665 die Methode der Fluxionen entdeckte. In jenem Jahre verliess er Cambridge wegen der dort ausgebrochenen Pest und zog sich nach Whoolsthorpe zurück, wo er sich zuerst mit der Erdanziehung zu beschäftigen begann. Im Jahre 1669 wurde er an Barrow's Stelle Professor der Mathematik an der Universität zu Cambridge, und zwei Jahre später Mitglied der Royal Society in London, der er um diese Zeit auch seine Untersuchungen über das Licht vorlegte. Durch Picard's neue Gradmessung veranlasst, nahm Newton 1682 seine frühern Untersuchungen über die Schwere wieder auf und entdeckte das seitdem nach ihm benannte Attractionsgesetz, worüber man die Artikel Anziehung und Gravitation nachlesen kann. Allein erst 5 Jahre später erschien sein unsterbliches Werk „Philosophiae naturalis principia mathematica", welches ausser der Gravitationstheorie, die Theorie der Lichtbrechung, der Schallfortpflanzung etc. behandelte, aber freilich nur von Einzelnen verstanden werden konnte. Durch Vermittlung des Grafen Halifax

1695 zum Königlichen Münzwardein und 1699 zum Königlichen Münzmeister ernannt, wurde er 1705 zum Sir erhoben und von 1703 bis zu seinem Tode Präsident der Royal Society. Während der letzten zehn Lebensjahre hielt sich Newton von allen wissenschaftlichen Bestrebungen fern, hauptsächlich beschäftigt mit religiösen Betrachtungen. Newton liegt in der Westminsterabtei bei den Ruhestätten der Könige von England begraben. Die Inschrift auf seinem 1731 errichteten Denkmale sagt mit Recht: Sibi congratulentur mortales tale tantumque extitisse humani generis decus. Mögen sich die Sterblichen Glück wünschen, dass eine solche und so grosse Zierde des menschlichen Geschlechtes gelebt hat.

Newton'sches Telescop, s. Spiegeltelescop.

Nicolai, Friedrich, Bernhard, Gottfried, geb. am 25. October 1793 zu Braunschweig, gest. am 4. Juli 1846 zu Mannheim, war Anfangs Gehülfe an der Sternwarte Seeberg und seit 1816 Director der Sternwarte zu Mannheim.

Niedersteigender Knoten, s. Knoten.

Niveau wird eine horizontale Ebene parallel der Oberfläche einer stillstehenden Flüssigkeit genannt. In der Astronomie wird N. bisweilen als gleichbedeutend mit Libelle (s. d.) genannt.

Nonius oder Vernier nennt man eine in gleiche Theile getheilte Linie, welche sich längs eines Maassstabs verschieben lässt, um sehr kleine Theile noch genau messen zu können. Nehmen wir zwei Maassstäbe, die an einander verschiebbar sind, und theilen einen Theil des Hauptmaassstabs in n (z. B. in 9) gleiche Theile, eine gleiche Länge des zweiten Maassstabes oder Verniers aber in n + 1 (also in 10) gleiche Theile. Die Länge eines Theilungsintervalls sei beim ersten Maassstabe = h (z. B. gleich 10 Linien), beim zweiten aber = h', so ist offenbar

$$h' = \frac{n \times h}{n + 1},$$

im vorliegenden Beispiele also $= \frac{9 \times 10}{10} = 9$ Linien. Gesetzt nun, dass die Nullpunkte beider Maassstäbe genau auf einander treffen, so geht der erste Theilstrich des eigentlichen Maassstabes über den ersten Theilstrich des Verniers hinaus, und zwar um 1 Linie, der Abstand des zweiten Theilstriches beim Maassstabe und beim Vernier beträgt 2 Linien, derjenige der beiden dritten Theilstriche beträgt 3 Linien etc. Uebertragen wir diese Anschauungsweise auf den Kreis und denken uns concentrisch mit einem Hauptkreise, der von 3 zu 3 Minuten in Bogen eingetheilt ist, einen andern Kreis, den sogenannten Alhidadenkreis, der an gewissen, meist um 90° von einander abstehenden Punkten Verniere trägt. Nehmen wir ferner an, dass auf einen Bogen des Hauptkreises, der 59 Theilstriche (von denen jeder 3 Bogenweiten vom andern entfernt ist), 60 Theilstriche des Verniers kommen, so haben wir nach der obigen Formel als Länge h' jedes Theilungsintervalls des Verniers:

$$h' = \frac{59 \times 3'}{60} = 2^{95}/_{100} \text{ Minuten} = 2'\,57''.$$

Die Differenz zwischen der Länge eines Intervalls der Hauptkreis-Theilung und derjenigen des Verniers beträgt 3", und man sieht sofort, dass man hierdurch für die Ablesung der Winkel den nämlichen Vortheil besitzt, als wenn der Kreis von 3 zu 3 Secunden in Bogen eingetheilt wäre.

Der Name Nonius, nach dem angeblichen Erfinder der Vorrichtung, Nunez, ist übrigens nicht richtig, denn die von Nunez gegebene Vorrichtung ist weit complicirter und unpractisch; der wahre Erfinder war Peter Vernier 1631.

Nordpunkt, s. Mitternachtspunkt.

Nordpol des Himmels, s. Weltpole.

Nordpol der Erde, s. Erdpole.

Nuñez (Nunnius, Nonius), Pedro, geb. 1492 zu Alcazar de Sal, gest. 1577 zu Coimbra, wo er Professor der Mathematik und Cosmograph des König Emanuel von Portugal war, gab in seinem Werke „Olysipone" 1542 die Beschreibung einer Vorrichtung, um kleine Bogentheile zu messen, doch hat dieselbe mit unserem heutigen Nonius keine Aehnlichkeit.

Nutation, s. Wanken der Erdachse.

Obere Planeten, s. Planeten.

Objectivglas, s. Fernrohr.

Occultation, s. Bedeckung.

Ocularglas, s. Fernrohr.

Oeltzen, Wilhelm, Albrecht, verdienstvoller astronomischer Rechner, geb. am 2. October 1824 zu Hannover, war abwechselnd an den Sternwarten zu Göttingen, Berlin, Wien und Paris thätig, reducirte die Argelander'schen Zonen und berechnete die Bahnen verschiedener kleiner Planeten.

Olbers, Heinrich Wilhelm Mathias, practischer Arzt und einer der berühmtesten Astronomen seiner Zeit, geb. am 11. October 1758 zu Arbergen bei Bremen, gest. am 2. März 1840 zu Bremen, eröffnete seine astronomische Thätigkeit im Jahre 1782 mit der Berechnung der Bahn des Kometen von 1779, gab 1797 sein berühmtes Werk „Abhandlung über die leichteste und bequemste Methode, die Bahn eines Kometen zu berechnen" heraus, fand am 1. Januar 1802 die Ceres wieder, entdeckte am 28. März 1802 die Pallas, sowie am 29. März 1807 die Vesta, und ausserdem die Kometen von 1796, 1815 (der seinen Namen trägt) und 1817. Ausserdem existiren von Olbers noch eine Menge astronomischer Beobachtungen und Rechnungen. Keines seiner geringsten Verdienste um die Astronomie ist die Gewinnung des jungen Bessel für die Sternkunde.

Olympiaden, die von den alten Griechen nach den gleichnamigen Volksspielen genannten Perioden von 4 Jahren, deren Anfang in den Monat Juli 776 v. Chr. fällt. Um ein Jahr der christlichen Zeitrechnung nach Olympiaden auszudrücken, subtrahirt man für alle Jahre vor Chr. die Jahreszahl von 776 und dividirt den Rest durch 4; für Jahre nach Chr. hat man die Jahreszahl zu 776 zu addiren und durch 4

zu dividiren. Der um 1 erhöhte Quotient giebt dann die Olympiade, und der um 1 erhöhte Rest das Jahr desselben. Um das t^{te} Jahr der n^{ten} Olympiade in der chritlichen Aera auszudrücken, berechne man den Ausdruck:

$$x = 4 (n - 1) + t - 1.$$

Ist x grösser als 775, so entspricht jenes Jahr dem Jahre x — 775 nach Chr.; ist aber x kleiner als 775, so entspricht es dem Jahre 776 — x vor Chr.

Olufsen, Christian Friis Rottböll, geb. am 15. April 1802 zu Kopenhagen, gest. am 29. Mai 1855 ebenda, war seit 1832 Professor der Astronomie und Director der Sternwarte in Kopenhagen, gab mit Hansen neue Sonnentafeln heraus und arbeitete an den Berliner Sternkarten mit.

Opposition, Gegenschein, s. Aspecten.

Optik, speciell die Lehre vom Sehen, aber allgemein die Lehre vom Lichte. Sie zerfällt in verschiedene Unterabtheilungen, die an den betreffenden Stellen dieses Werkes näher besprochen werden, so z. B. die Dioptrik, die Katoptrik, die Photometrie etc. Die theoretische wie die praktische Optik haben sich in der Gegenwart zu einer hohen Stufe der Vollkommenheit erhoben, worüber sich Näheres in den Artikeln Fernrohr, Linsen, Brechung etc. nachsehen lässt.

Optische Axe heisst die senkrecht auf einer Linse oder einem Spiegel durch deren Mittelpunkt gehende Gerade. Die optische Axe eines Fernrohrs ist die, die Mittelpunkte aller (parallelen) Gläser derselben verbindende gerade Linie.

Ort, mittlerer, nennt man in der Planetentheorie denjenigen Punkt der Bahn, welchen ein gedachter, mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit sich bewegender Planet in einem gegebenen Momente einnimmt. Vergl. Anomalie.

Bei den Fixsternen nennt man mittlern Ort denjenigen Ort, welcher sich ergiebt, wenn man die wirklich beobachtete Stellung von dem Einflusse der Strahlenbrechung, der Abirrung, der Präcession und Nutation durch Rechnung befreit.

Ort, scheinbarer, nennt man allgemein denjenigen Ort, an welchem man dem Augenscheine gemäss, einen Gegenstand zu sehen glaubt. Scheinbare Oerter der Himmelskörper sind im Gegensatze zu den mittlern Orten diejenigen, in welchen man die Gestirne thatsächlich beobachtet.

Osterrechnung ist die Berechnung des Datums, auf welches in einem beliebigen Jahre das bewegliche Osterfest fällt. Genaueres darüber siehe in dem Artikel Cyclus.

Palitzsch, Johann Georg, geb. am 11. Juni 1723 zu Prohlis bei Dresden, gest. am 22. Februar 1788 zu Leubnitz bei Dresden, ein einfacher Landmann, der sich mit astronomischen Beobachtungen beschäftigte und mittels eines guten Fernrohrs den von Halley angekündigten Kometen 1758 am 25. December, also fast einen Monat früher als sämmtliche Astronomen, auffand.

Pallas, einer der zuerst entdeckten vier von den kleinen Planeten zwischen Mars und Jupiter, aufgefunden von Olbers am 28. März 1802. Folgendes sind die Bahnelemente dieses Planeten nach Galle:

Halbe grosse Axe: 2,7696.
Umlaufszeit: 4 Jahre 7 Monate.
Excentricität: 0,24033.
Länge des Perihels: 122° 1′ 59″.
Länge des aufsteigenden Knotens: 172° 43′ 44″.
Neigung der Bahn: 34° 42′ 35″.
Mittlere tägliche Bewegung: 769,81730″.
Epoche: 1865, December, 3,0 mittlere Zeit nach Berlin.

Von den physischen Eigenthümlichkeiten dieses Planeten weiss man wenig oder Nichts. Schröter fand den Durchmesser desselben, aber viel zu gross, gleich 380 Meilen, Herschel giebt dafür bloss 22 Meilen an, und photometrische Untersuchungen führen auf 36 Meilen. In mittlerer Opposition ist die Helligkeit der Pallas derjenigen eines Sternes 8. Grösse vergleichbar.

Pape, Karl Ferdinand, geb. am 4. Januar 1834 zu Verden, gest. am 27. Mai 1862 zu Altona als Observator der dortigen Sternwarte, machte sich durch eine Reihe feiner Beobachtungen und verschiedene astronomische Rechnungen verdient.

Parabel heisst die krumme, ins Unendliche fortlaufende Linie, welche entsteht, wenn der Kegel ABJKD (Fig. 46.) durch eine Ebene parallel mit einer Seite geschnitten wird. In der Figur ist daher JHK ein Stück einer Parabel. Diese Curve ist für die Astronomie deshalb wichtig, weil sich die meisten Kometen in Bahnen bewegen, die mit Parabeln die grösste Aehnlichkeit haben.

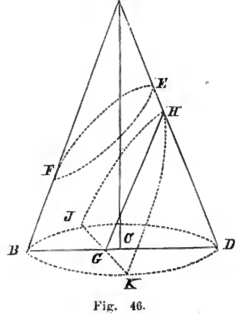


Fig. 46.

Parallactische Aufstellung eines Fernrohrs nennt man diejenige Aufstellung, bei welcher das, meist mittels eines Uhrwerkes bewegte Telescop, der täglichen Umdrehung des Himmels folgen kann. Die Umdrehungsaxe, um welche sich das Fernrohr dreht, ist hierbei der Weltaxe parallel. Genaueres über diese Aufstellung s. unter Aequatoreal.

Parallaxe bezeichnet allgemein die Veränderung, welche der scheinbare Ort eines Gegenstandes erleidet, wenn man letztern von zwei verschiedenen Beobachtungspunkten aus betrachtet. Die Grösse dieser Verschiebung oder des parallactischen Winkels hängt gleichzeitig ab von der Entfernung des Gegenstandes und der Entfernung der beiden Beobachtungsorte, von welchen aus der Gegenstand betrachtet wird.

Ist letzterer nebst der Grösse des parallactischen Winkels bekannt, so lässt sich erstere leicht finden.

Es sei in Fig. 47 adb ein Durchschnitt, c der Mittelpunkt der Erde, und in M befindet sich ein beliebiger Himmelskörper, etwa der Mond. Von dem Beobachtungsorte a aus erblickt man denselben in der Richtung aMs′, also bei dem Sterne s′; von dem Orte b aus sieht man ihn in der Richtung bMs, d. h. bei dem Sterne s; von jedem andern Punkte der Erdoberfläche sieht man M wiederum an einer andern Stelle des Himmels, so dass stets die Gesichtslinien von zwei Beobachtern an verschiedenen Punkten sich in M unter einem gewissen Winkel schneiden. Denkt man sich den einen Beobachter im Erdmittelpunkt c,

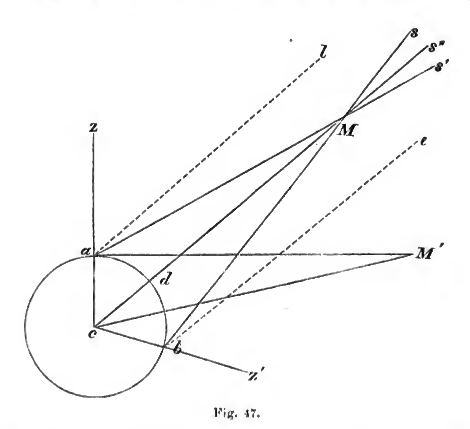


Fig. 47.

so erblickt dieser den Himmelskörper in der Richtung cdMs″, und dieser Ort, an welchem von c aus gesehen M sich befindet, wird der wahre Ort des Himmelskörpers genannt, der Winkel aber, welchen die Gesichtslinie nach M von irgend einem Beobachtungsorte a mit der Gesichtslinie nach M vom Erdmittelpunkte aus bildet, heisst speciell in der Astronomie die Parallaxe von M. In der Figur ist also $\angle$ aMc = $\angle$ s″Ms′ die Parallaxe von M. Befindet sich M in M′, d. h. im Horizont von a, so wird $\angle$aM′c die Horizontalparallaxe von M′ genannt, und man sieht sofort, dass dieselbe gleich ist dem Winkel, unter welchem der Erdhalbmesser ac einem Auge in M′ erscheint. Nehmen wir an, diese Horizontalparallaxe sei ihrer Grösse nach bekannt, so hat man in dem rechtwinkeligen Dreiecke acM′:

$$cM' : ac = 1 : \sin aM'c,$$

$$cM' = \frac{ac}{\sin aM'c}.$$

ac oder der Halbmesser der Erde ist aber bekannt, man findet daher aus vorstehender Formel sofort auch cM' oder die Entfernung des Gestirns M vom Erdmittelpunkte. Die Horizontalparallaxe des Mondes ist sehr nahe = 1°, der Sinus von 1° aber ist nach den trigonometrischen Tafeln = 0,01745, der Halbmesser der Erde = 860 Meilen, die Entfernung des Mondes vom Erdmittelpunkte ergiebt sich daher $= \frac{860}{0{,}01745}$ oder 49,300 Meilen. Dieses Resultat ist jedoch nur ein näherungsweises, da die demselben zu Grunde liegenden Werthe nur annähernde sind.

In dem Maasse, als sich ein Gestirn M' über dem Horizont erhebt, wird seine Parallaxe immer kleiner, bis sie im Scheitelpunkte z des Beobachtungsortes a Null ist, indem hier die Gesichtslinie von c nach M mit jener von a nach M durchaus zusammenfällt. Die Richtigkeit dieser Behauptungen ergiebt sich ohne Weiteres aus der Figur, in welcher beispielsweise $\sphericalangle$ aMc bereits beträchtlich kleiner erscheint als die Horizontalparallaxe aM'c. Je höher sich aber M über den Horizont von a erhebt, um so kleiner wird $\sphericalangle$ aMc, bis derselbe, wie bereits bemerkt, zu Null wird, sobald M im Zenith von a steht. Man nennt daher jenen Winkel die Höhenparallaxe des Gestirns M im Gegensatze zu seiner Horizontalparallaxe. Man kann übrigens die eine aus der andern herleiten. Nennt man π die Horizontalparallaxe, h die Höhenparallaxe und z die zugehörige Zenithdistanz zaM des Gestirns M, so ergiebt sich:

$$h = \pi \sin z \text{ und } \pi = \frac{h}{\sin z}.$$

Man denke sich zwei Beobachter auf dem nämlichen Meridiane, und zwar den einen in a und den andern in b. Beide haben sich verabredet in einem gewissen Momente den Abstand des Planeten M von einem und demselben Fixsterne, und ebenso den Abstand des Planeten M von ihrem Scheitelpunkte zu messen. Dadurch werden also die Winkel: $\sphericalangle$ laM, $\sphericalangle$ ebM, $\sphericalangle$ zaM, $\sphericalangle$ z'bM bestimmt. Wegen der ungeheuren Entfernung der Fixsterne von unserer Erde laufen die Visirlinien von den Beobachtungsorten a und b nach jenem Fixsterne parallel, so dass also al || be. Zieht man dM ebenfalls parallel al, so ergiebt sich:

$$\sphericalangle laM = \sphericalangle aMd,\ \sphericalangle ebM = \sphericalangle dMb, \text{ d. h.}$$

$$\sphericalangle laM + \sphericalangle ebM = \sphericalangle aMb.$$

Bezeichnet man die Höhenparallaxe von M für a mit h, für b mit h', die Horizontalparallaxe mit π, so ergiebt sich nach der oben mitgetheilten Formel:

$$h = \pi \sin zaM,$$
$$h' = \pi \sin z'bM,$$
$$h + h' = \pi(\sin zaM + \sin z'bM)$$

Nun ist aber

$$h + h' = \sphericalangle aMb = \sphericalangle laM + \sphericalangle ebM,$$

also bekannt; man hat daher:

$$\pi = \frac{\sphericalangle laM + \sphericalangle ebM}{\sin zaM + \sin zbM},$$

oder in Worten: die Horizontalparallaxe ist gleich der Summe der Winkeldistanzen des Planeten von dem Fixsterne dividirt durch die Summe der Sinusse seiner Scheitelabstände an den beiden Beobachtungsorten.

Die bei diesen Entwicklungen gemachte Voraussetzung, dass die beiden Beobachter genau auf dem nämlichen Meridiane und im nämlichen Momente den Abstand des Planeten von einem und demselben Fixsterne messen sollen, ist hier nur der Einfachheit halber angenommen worden. In Wirklichkeit würden diese Bedingungen schwer zu erreichen sein, es genügt aber, wenn sie bloss annähernd erfüllt sind, indem alsdann gewisse Reductionsrechnungen diese Ungleichförmigkeiten wegschaffen lassen. —

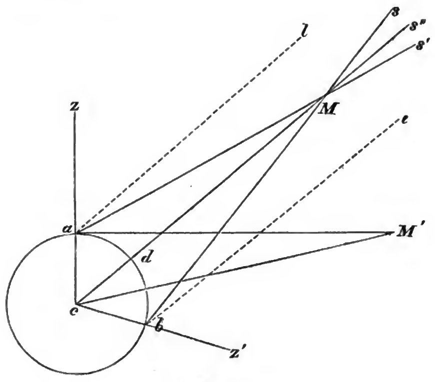


Fig. 47.

Die Horizontalparallaxe eines Gestirnes ist, wie bereits bemerkt, der Winkel, unter welchem einem Auge im Mittelpunkte dieses Gestirns der Erdhalbmesser erscheint. Da nun die Erde keine vollkommene Kugel, sondern ein Sphäroid ist, so könnte es unbestimmt erscheinen, welchen Halbmesser man in einem bestimmten Falle im Auge hat. Dies ist besonders für den uns so nahen Mond von Wichtigkeit, und man spricht daher hier vorzugsweise, um keiner Unbestimmtheit Raum zu geben, von einer Aequatoreal-Horizontal-Parallaxe.

Das eben angezeigte Verfahren zur Ermittlung von Parallaxen ist ausser beim Monde nur noch bei den Planeten Venus und Mars ausführbar, indem bei allen andern Planeten die Parallaxen zu klein sind, um auf diesem Wege direct gemessen werden zu können. Schon für den Planeten Venus sind die Schwierigkeiten in dieser Beziehung so gross, dass man, um genaue Resultate zu erhalten, eine Methode, welche ganz besonders scharfe Resultate liefern kann, ein-

schlagen musste, worüber das Nähere in dem Artikel Durchgang durch die Sonnenscheibe. Uebrigens genügt es für die Planeten die Parallaxe eines einzigen derselben zu kennen, und daraus die Parallaxen (und Entfernungen) aller übrigen nach der Kepler'schen Regel leicht zu berechnen.

Alles Vorstehende bezieht sich auf die sogenannte tägliche Parallaxe der Gestirne, bei welcher der Erddurchmesser die grösstmögliche Grundlinie bildet, von deren Endpunkten aus man nach dem betreffenden Gestirne visirt. Eine weit grössere Standlinie liegt bei der jährlichen Parallaxe der Gestirne zu Grunde, nämlich der Durchmesser der Erdbahn oder 40,000,000 Meilen. Demgemäss ist die jährliche Parallaxe nichts Anderes als der Winkel, unter welchem, von einem Gestirne aus gesehen, der Halbmesser der Erdbahn erscheint, oder, was das dasselbe sagen will, der Unterschied der heliocentrischen und geocentrischen Länge dieses Gestirns. Benutzen wir wiederum die obige Figur, so möge in derselben jetzt c die Sonne, adb die Erdbahn, und M einen Planeten bezeichnen, der sich in der Ebene der Erdbahn in dem Abstande cM um die Sonne bewegt. Ein Auge in der Sonne sieht diesen Planeten in der Richtung cM, ein Auge auf der Erde aber in der Richtung aM, es ist nun ähnlich wie früher $\measuredangle$ aMc die jährliche Parallaxe des Planeten, während $\measuredangle$ caM die Elongation und $\measuredangle$ acM der Commutationswinkel des Planeten genannt werden. Man sieht sofort, dass, analog wie die tägliche Parallaxe ihren grössten Werth im Horizonte besitzt und im Zenith Null wird, so auch die jährliche Parallaxe ihr Maximum in den Quadraturen, ihr Minimum in der Opposition und Conjunction erreicht. Diese jährliche Parallaxe ist bei den Planeten noch recht merklich und in der That hat sie dazu gedient, die relativen Entfernungen derselben von der Sonne abzuleiten, und auf diese Werthe gestützt fand Kepler sein berühmtes Gesetz, nach welchem sich die Quadrate der Umlaufszeiten der Planeten wie die Kuben ihrer mittleren Entfernungen verhalten.

In analoger Weise versuchte schon Copernicus auch die jährliche Parallaxe von Fixsternen zu bestimmen, allein er fand keine für seine Messinstrumente bemerkbare Ortsveränderung, die Gesichtslinien von der Erde zu einem beliebigen Fixsterne erschienen durchaus parallel, ob sie gleich von den beiden Endpunkten einer 40 Millionen Meilen langen Standlinie nach demselben Sterne hinwiesen. Genau ebenso erging es seinen Nachfolgern, die mit verbesserten Instrumenten beobachteten und erst in den Jahren 1837—1838 gelang es Bessel, mittels des grossen Königsberger Heliometers und einer, von der eben angedeuteten, abweichenden Methode, die Parallaxe eines Fixsterns (No. 61 im Schwan) zu bestimmen. Diese, zuerst von Galilei vorgeschlagene, dann von W. Herschel aber ohne Erfolg versuchte Methode besteht darin, den Abstand des zu untersuchenden Fixsternes von mehreren kleinern, im Felde des Fernrohrs gleichzeitig sichtbaren Sternen zu messen. Wenn diese letzteren Sterne sehr viel weiter wie der zu untersuchende von der Erde entfernt sind, so muss sich in Folge der Ortsveränderung der Erde die Stellung des zu untersuchenden Sternes gegen jene im

Laufe des Jahres periodisch verändern. Man erhält dabei, streng genommen, zwar nur die Differenz der jährlichen Parallaxen beider Sterne. Bessel verglich den Stern No. 61 im Schwan mit zwei Sternen 9. und 10. Grösse, deren Entfernung so gross angenommen werden darf, dass sie keine uns merkliche Parallaxe erkennen lassen. Unter dieser Voraussetzung ergab sich aus der wahrgenommenen Ortsveränderung von 61 Schwan direct dessen jährliche Parallaxe zu 0,37″. Neuere Untersuchungen von Struve und Auwers lassen sie um etwa 0,1″ grösser erscheinen. Seitdem hat man auf dem von Bessel betretenen Wege die Parallaxen verschiedener anderer Fixsterne bestimmt, ja die Vervollkommnung der astronomischen Messinstrumente hat es erlaubt, selbst durch directe Beobachtung von Zenithdistanzen eines und desselben Fixsterns zu verschiedenen Zeiten des Jahres die Parallaxe zu bestimmen, so dass der von Copernicus zuerst vergeblich eingeschlagene Weg nun auch zu befriedigenden Resultaten geführt hat. Ueber die einzelnen bisher bestimmten Fixsternparallaxen s. Fixsterne.

Nennt man π die jährliche Parallaxe eines Fixsterns, R seine Entfernung von der Erde, r den Halbmesser der kreisförmig angenommenen Erdbahn, so ist, wie wir eben gesehen haben:

$$\sin \pi = \frac{r}{R}.$$

$$R = \frac{r}{\sin \pi}.$$

So lange der Winkel π sehr klein bleibt, wenige Secunden nicht übersteigt, kann man ohne merklichen Fehler den Sinus mit dem Bogen verwechseln, so dass, wenn man den Halbmesser r der Erdbahn zur Einheit nimmt, die Entfernung des Fixsterns gegeben ist durch die einfache Formel:

$$R = \frac{206{,}265}{\pi}.$$

Nach dieser Formel ist die folgende kleine Tafel berechnet worden.

π	R	π	R
10″	20,626	1,0″	206,265
9	22,918	0,9	229,180
8	25,783	0,8	257,830
7	29,466	0,7	294,660
6	34,377	0,6	343,770
5	41,253	0,5	412,530
4	51,566	0,4	515,660
3	68,755	0,3	687,550
2	103,130	0,2	1,031,896
1	206,265	0,1	2,062,648

Will man die Zahlen für R statt in Erdbahnhalbmessern in Meilen haben, so braucht man sie bloss mit 20,000,000 zu multipliciren. So z. B. ist für eine Parallaxe von 1″, R = 206,265 Erdbahnhalbmesser, also = 206,265 × 20,000,000 Meilen, oder in runder Zahl = 4 Billionen Meilen, welche Distanz man eine Sternweite zu nennen pflegt.

Parallelkreise nennt man sowohl in der Astronomie als in der Geographie diejenigen Kreise, welche dem Aequator parallel gezogen gedacht werden. Die Parallelkreise nehmen daher beiderseits vom

Aequator gegen die Pole hin ab. Sie werden senkrecht von den Meridianen durchschnitten.

Parallelogramm der Kräfte, s. Bewegung.

Passageninstrument, Durchgangsinstrument, Mittagsrohr, wird ein genau in der Ebene des Meridians aufgestelltes Fernrohr genannt, welches dazu dient, die Durchgänge der Sterne durch den Meridian, deren Rectascension und die Zeit zu bestimmen. Ein Passageninstrument ist durchaus nichts Anderes als ein Meridiankreis, dem der in der Ebene des Meridians befindliche Kreis zur Bestimmung der Declination fehlt. Man sehe daher den Artikel Meridiankreis.

Pascal, Bloise, geb. am 19. Juni 1623 zu Clermond Ferrand, als der Sohn des dortigen Präsidenten Etienne Pascal (1588—1651), gest. zu Paris am 19. August 1662, einer der schärfsten Denker und gelehrtesten Forscher seiner Zeit, veranlasste u. A. die Barometerbeobachtungen Pérriers auf dem Puy de Dôme, aus denen sich, wie er vorausgesagt, die Abnahme des Luftdruckes mit wachsender Höhe ergab. Seine gesammten mathematischen Arbeiten erschienen in 6 Bänden 1819 zu Paris.

Pastorff, Johann Wilhelm, geb. am 17. Juni 1767 zu Schwedt, gest. am 21. November 1838 zu Buchholz bei Frankfurt a. d. O., wo er Gutsbesitzer war, beschäftigte sich viel mit astronomischen Beobachtungen, von denen besonders diejenigen über die Sonnenflecke von Werth sind.

Peirce, Benjamin, geb. am 4. April 1809 zu Salem in Massachussetts, ward 1829 Lehrer in Northampton, dann in Cambridge in N. U. und schliesslich Professor der Astronomie und Mathematik an der dortigen Universität, beschäftigte sich viel mit Untersuchungen aus dem Gebiete der Mechanik des Himmels, berechnete die Bahnen mehrerer Kometen und die Störungen des Uranus.

Pendel nennt man jenes wichtige physicalisch-astronomische Instrument, das jeder in seiner einfachsten Gestalt als ein schwerer, an dem einen Endpunkte eines biegsamen Fadens befestigter Körper kennt. In seiner Ruhelage bezeichnet ein solches Pendel die Richtung der Senkrechten, der Schwerkraft. Hebt man ein solches Pendel aus seiner Ruhelage heraus und überlässt es sich selbst, d. h. der Einwirkung der Schwerkraft, so bewegt es sich über seine anfängliche Ruhelage hinaus, erreicht auf der entgegengesetzten Seite einen höchsten Punkt des Aufsteigens, kehrt dann wieder um, geht durch die senkrechte Lage hindurch, erreicht wiederum einen höchsten Punkt des Aufsteigens und fährt auf diese Weise eine Zeit lang fort hin und her zu schwingen, bis es schliesslich in der senkrechten Lage wieder zur Ruhe kommt. Die Schwingungsbogen werden bei jeder folgenden Oscillation in Folge der Reibung am Aufhängepunkte und des Luftwiderstandes immer kleiner, aber man hat durch Theorie und Beobachtung gefunden, dass bei kleinen Schwingungsbogen, die Zeitdauer je einer Schwingung eines und desselben Pendels unabhängig von der Grösse des Schwingungsbogens, also eine constante ist. Dieses merkwürdige und wichtige Gesetz, worauf die Wichtigkeit des Pendels zur Zeitmessung beruht, ist von

Galilei entdeckt worden. Ein nicht minder wichtiges Gesetz der Pendelschwingungen ist dasjenige, dass die Dauer der Schwingungen unabhängig von dem Gewichte und der Natur der Pendelkugel ist und sich bei ungleich langen Pendeln wie die Quadratwurzeln aus den Pendellängen verhält. Bezeichnet t die Schwingungsdauer eines Pendels in Secunden, l seine Länge, g die Intensität der Schwerkraft, und π das Verhältniss des Kreisumfangs zum Durchmesser (also die Zahl 3,14159), so hat man:

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}, \text{ und hieraus } g = \frac{\pi^2 l}{t^2}.$$

Man kann also aus der Länge des Pendels und der Zeitdauer einer seiner Schwingungen die Intensität g der Schwerkraft ableiten. Diese Intensität der Schwerkraft ist aber nichts Anderes als die Geschwindigkeit eines freifallenden Körpers am Ende der ersten Secunde. Beträgt die Schwingungsdauer t genau eine Secunde, so erhält man nach der obigen Formel in Metern

$$g = 9{,}80960441.$$

Kennt man also die Länge l eines genau während einer Secunde einmal hin und her schwingenden Pendels, so hat man damit auch sofort die Geschwindigkeit eines freifallenden Körpers am Ende der ersten Secunde für den betreffenden Beobachtungsort. Diese Länge lässt sich aber durch Beobachtung mit einem ungemein hohen Grade von Sicherheit bestimmen, während die directe Beobachtung der Fallgeschwindigkeit nur sehr ungenaue Resultate ergeben kann. Die eben angegebenen Formeln gelten übrigens nur für ein einfaches Pendel, das aus einem nicht ausdehnbaren, schwerlosen Faden besteht, an dessen Ende ein unendlich kleiner schwerer Körper befestigt ist. Ein solches Pendel existirt nur in der Vorstellung; alle wirklich herstellbaren Pendel sind zusammengesetzte, und die mittels derselben erhaltenen Resultate müssen durch Rechnung auf das einfache Pendel reducirt werden.

Denken wir uns die Erde als vollkommene Kugel mit regelmässiger Massenvertheilung im Innern und ohne Rotation um ihre Axe, so wird die Intensität ihrer Anziehungskraft auf alle Punkte ihrer Oberfläche gleich gross sein. Ein Körper wird in derselben Zeit überall gleich grosse Fallhöhen durchlaufen und seine Geschwindigkeit am Ende der nämlichen Zeitdauer allenthalben gleich gross sein. Denken wir uns ferner die Erde zwar noch ohne Rotation, aber an den Polen abgeplattet, so wird ihr Radius an den Polen am kürzesten, am Aequator am längsten sein. Die Schwere nimmt aber bei wachsender Distanz vom Mittelpunkte der Erde im Verhältniss des Quadrats der Entfernung ab. Daher wird auch die Geschwindigkeit, welche ein freifallender Körper am Ende einer gewissen Zeitdauer erreicht, an den Polen am grössten, am Aequator am kleinsten sein. Nehmen wir nun schliesslich an, die abgeplattete Erde rotire um ihre Axe, so tritt hierdurch eine weitere Kraft auf, welche den Fall der Körper gegen die Pole hin verzögert. Diese Kraft ist die Schwungkraft, die nämliche, welche die rasch geschwungene Schleuder spannt. Die Abplattung im Ver-

eine mit der Rotation vermindern daher auf der Erdoberfläche die anziehende Kraft der Schwere und damit die Länge des Secundenpendels. Den ersten wirklichen Nachweis, der mit der geographischen Breite veränderlichen Länge des Secundenpendels ergaben die Beobachtungen von Richer, der im Jahre 1671 zu Cayenne das Pendel seiner Uhr um $1^1/_4$ Linie verkürzen musste, um den richtigen Gang, den die Uhr in Paris zeigte, wieder herzustellen. Die nachstehende Tafel enthält die bis jetzt bestimmten Längen des einfachen Secundenpendels für verschiedene Erdorte, soweit die Bestimmungen den gegenwärtigen Anforderungen der Wissenschaft entsprechen.

Name des Ortes.	Geographische Breite.	Pendellänge in Millimeter.	Beobachter.
Spitzbergen	79° 49′ 58″ n. Br.	996,036	Sabine.
Grönland	74 32 19	995,746	"
Hammerfest	70 40 5	995,531	"
Drontheim	63 25 54	995,013	"
Unst	60 45 25	994,946	Biot.
Portroy	57 40 59	994,691	Kater.
Forth Leith	55 58 37	994,531	Biot.
Königsberg	54 42 50	994,410	Bessel.
Schloss Güldenstein .	54 13 19	994,375	Peters.
Clifton	53 27 43	994,302	Kater.
Berlin	52 30 17	994,219	Bessel.
Arbury Hill	52 16 55	994,227	Kater.
London	51 31 8	994,123	Sabine.
Dünkirchen	51 2 10	994,080	Biot, Mathieu.
Franklin-Farm . . .	50 37 24	994,047	Kater.
Paris	48 50 14	993,900	Biot, Borda, Mathieu, Bouvard.
Clermond-Ferrand . .	45 46 48	993,582	Biot, Mathieu.
Mailand	45 28 1	993,548	" E. Biot.
Padua	45 24 3	993,607	" "
Fiume	45 19 0	993,584	" "
Bordeaux	44 50 26	993,453	" Mathieu.
Toulouse	43 36 47	993,392	Petit.
Toulon	43 7 20	993,365	Duperrey.
Barcelona	41 23 15	993,232	Biot, E. Biot.
New-York	40 42 43	993,159	Sabine.
Formentera	38 39 56	993,070	Arago, Biot, Chaix.
Lipari	38 28 37	993,079	Biot, E. Biot.
Movi	20 52 7	991,775	Freycinet.
Jamaica	17 56 7	991,472	Sabine.
Guam	13 27 51	991,455	Freycinet.
Madras	13 4 9	991,242	Goldingham.
Trinidad	10 38 56	991,064	Sabine.
Sierra Leone . . .	8 29 28	991,107	"
St. Thomas	0 24 41	991,111	"
Rawak	0 1 34 s. Br.	990,947	Freycinet.
Maranham	2 31 43	990,897	Sabine.
Ascension	7 55 48	991,196	"
Bahia	12 59 21	991,220	"
Isle de France . . .	20 9 40	991,771	Freycinet.
R. Janeiro	22 55 13	991,696	"
Paramatta	33 48 43	992,544	Brisbane, Dunlop.

Name des Ortes.	Geographische Breite.	Pendellänge in Millimeter.	Beobachter.
Port Jackson . . .	33° 51′ 34″	992,615	Freycinet.
Cap	33 55 15	992,578	„
Maluinen	51 31 44	994,115	Duperrey.
„	51 35 18	994,055	Freycinet.

Nennt man die unter den geographischen Breiten φ und φ' gemessenen Pendellängen beziehungsweise l und l′, die Pendellänge unter dem Aequator L, die Zunahme unter den Polen ΔL, so ergiebt sich:

$$\Delta L = \frac{l' - l}{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - \varphi')},$$

$$L = l - \Delta L \sin^2\varphi = l' - \Delta L \sin^2\varphi'.$$

Ist nun v das Verhältniss der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator, also $v = \frac{1}{289}$, so ergiebt sich nach dem Clairaut'schen Theoreme:

$$e = \frac{5v}{2} - \frac{\Delta L}{L},$$

wo e die Excentricität des Erdsphäroids. Hieraus ergiebt sich dann die Abplattung α durch die Formel

$$\alpha = 1 - \sqrt{1 - e^2}.$$

Auf diesem Wege hat Sabine aus sämmtlichen von ihm angestellten Pendelbeobachtungen die Erdabplattung berechnet. Er fand dafür den Werth $\frac{1}{288,3}$, und unter Hinzuziehung der Pendelbeobachtungen bei den Französischen und Englischen Vermessungen $\frac{1}{288,9}$.

Bei den Pendelbeobachtungen wird vorausgesetzt, dass die Erde in gleichen Abständen vom Centrum durchweg gleich dicht sei, dass sie also aus concentrischen Schichten von gleicher, aber nach dem Mittelpunkte hin wachsender Dichte bestehe. Diese Annahme ist im Einzelnen gewiss nicht richtig, wenn sie auch bezüglich der Erde im Ganzen gestattet sein mag. In der That zeigen die Versuche unter verschiedenen geographischen Breiten keine so übereinstimmende Zunahme der Länge des einfachen Secundenpendels, als man bei einer regelmässig geschichteten Erde erwarten dürfte. Es finden also Localattractionen statt, und das Pendel giebt Andeutungen über die geognostische Beschaffenheit des Bodens in grösseren Tiefen. Um solche locale Abweichungen bei Bestimmung der Erdabplattung aber möglichst zu eliminiren, bleibt nichts Anderes übrig, als die Bestimmungen der Pendellängen über möglichst viele und weit auseinander liegende Punkte der Erdoberfläche auszudehnen, wie solches von Sabine in der That geschehen ist.

Umgekehrt verfährt man, um mit Hülfe des Pendels die mittlere Dichte und das Gewicht des Erdballes selbst zu bestimmen. In diesem

Falle lässt man das Pendel absichtlich unter dem Einflusse einer nach Grösse und mittlerer Dichte genau bestimmten Bergmasse schwingen. Ist nämlich die Pendellänge unter der geographischen Breite des Beobachtungsortes im Meeresniveau bekannt, so lässt sich durch Rechnung finden, wie gross sie auf der Spitze des Berges sein würde. Die Beobachtung auf dieser Spitze ergiebt aber die Pendellänge in Folge des Einflusses der Anziehung des Berges anders als die Rechnung. Aus dem Unterschiede zwischen Rechnung und Beobachtung schliesst man auf die Anziehung der Bergmasse und aus dieser auf die mittlere Dichte der Erde selbst. Solche Untersuchungen sind übrigens sehr schwierig durchzuführen. Carlini hat im ersten Viertel des gegenwärtigen Jahrhunderts zu diesem Zwecke Beobachtungen auf dem Mont Cenis angestellt, aus denen nach den letzten Correctionen sich die mittlere Dichte der Erde sehr nahe 5 Mal so gross als die Dichte des Wassers ergab.

Perigaeum, s. Erdferne.

Perihelium, s. Sonnennähe.

Periode nennt man jeden Zeitraum, nach Ablauf dessen irgend eine Erscheinung wieder eintritt. In der Astronomie spricht man von Umlaufsperioden, Mondperioden etc. In der Chronologie nennt man vorzugsweise grössere Zeiträume Perioden. Von vorzugsweiser Wichtigkeit für uns ist die Julianische Periode; sie umfasst die Zeit, nach deren Ablauf ein Jahr wiederum dieselbe Zahl des Sonnen-, Mond- und Indictionscirkels erhält. Die Dauer dieser Periode ist $28 \times 19 \times 15 = 7980$ Jahre, so dass also unsere ganze historische Zeit noch nicht eine Julianische Periode umfasst. Da das erste Jahr der Julianischen Periode als Zahl der einzelnen Cyklen 1, 1, 1, haben muss, so ergiebt sich, dass das Jahr vor Christi Geburt das 4713. der Julianischen Periode war. Durch Einführung der Julianischen Periode hat sich Joseph Scaliger ein wesentliches Verdienst um die Chronologie erworben. — Bei den veränderlichen Sternen versteht man unter Periode stets die Dauer des Lichtwechsels.

Perturbationen, s. Störungen.

Peters, Christian August Friedrich, einer der gelehrtesten Astronomen und besten Beobachter der Gegenwart, geb. am 7. September 1806 zu Hamburg, wo er 1834 Observator an der Sternwarte wurde, dann nach Pulkowa ging und dort 1839 zweiter Director des Observatoriums ward. Von 1851 bis 1854 Professor der Astronomie an der Universität zu Königsberg, folgte er einem Rufe als Director der Sternwarte in Altona, woselbst er gleichzeitig die „Astronomischen Nachrichten" herausgiebt. Seine Untersuchungen über die Fixsternparallaxen, sowie über die Bewegung des Sirius, seine Bestimmung der Länge des einfachen Secundenpendels aus den Beobachtungen auf Schloss Güldenstein etc. sind classische Arbeiten, die als Muster für ähnliche Untersuchungen hingestellt werden dürfen.

Peters, Christian Heinrich Friedrich, geb. am 19. September 1813 zu Caldenbüttel bei Flensburg, war Anfangs beim topographischen Bureau in Neapel, dann bei der Küstenvermessung der Vereinigten Staaten thätig, zuletzt Director der Sternwarte zu Clinton im Staate New-York,

entdeckte den Kometen VII 1846 und IV 1857, sowie die Planeten Eurydice am 22. September 1862, Frigga am 12. November 1862, Jo am 19. September 1865, Thisbe am 15. Juni 1866, Undina am 7. Juli 1867, Janthe am 18. April 1868, Miriam am 22. August 1868, Felicitas am 9. Oct. 1869, Ate am 14. August 1870 und Iphigenia am 19. Sept. 1870.

Petersen, Adolph Cornelius, geb. am 23. Juli 1804 bei Tondern in Schleswig, gest. am 3. Februar 1854 in Altona, war Anfangs Observator, zuletzt zeitweiliger Director der Sternwarte in Altona, entdeckte die Kometen I 1848, II 1849, 1 1850, und redigirte nach Schumachers Tode die „Astronomischen Nachrichten".

Pétit, Frederic, geb. am 16. Juli 1810 zu Muret im Departement Haute-Garonne, Professor der Akademie an der Facultät der Wissenschaften zu Toulouse und Director der Sternwarte daselbst, beschäftigte sich vielfach mit der Bahnberechnung von Feuerkugeln, die am Schlusse des Artikels „Dämmerung" in diesem Werke gegebene Dämmerungstafel ist ebenfalls von ihm gerechnet.

Peuerbach (Purbach), Georg von, geb. am 30. Mai 1423 zu Peuerbach in Ober-Oesterreich, gest. am 8. April 1461 zu Wien, besuchte frühzeitig die hauptsächlichsten Städte Italiens, wurde dann Professor der Mathematik an der Universität in Wien, verbesserte die Planetentafeln, schrieb über die Finsternisse, über die astronomischen Instrumente und starb, als er sich eben nach Italien begeben wollte, um den Originaltext des Almagest zu studiren. Regiomontus ist einer seiner Schüler.

Phasen, Lichtgestalten, nennt man die veränderlichen Gestalten, unter welchen uns der Mond und die unteren Planeten erscheinen. Diese Weltkörper zeigen uns nämlich nur dann eine ganze, beleuchtete, Scheibe, wenn sie uns gleichzeitig ihre ganze von der Sonne beschienene Halbkugel zuwenden. Wenn wir je nach der Stellung des betreffenden Weltkörpers nur einen Theil dieser beleuchteten Halbkugel sehen können, so erscheint uns der Planet als mehr oder weniger ovale oder sichelförmige Lichtscheibe. Näheres über die Art und Weise, wie der Effect zu Stande kommt siehe in dem Artikel Mond.

Phosphorus ist der Beiname der Venus, wenn sie als Morgenstern, der Sonne voraufgehend, erscheint; im Gegensatze zu ihrer Stellung als Abendstern oder Hesperus.

Photometer nennt man diejenigen Instrumente, welche zur Messung der Intensität des Lichtes dienen. In der Astronomie, die uns hier ausschliesslich beschäftigt, sind es hauptsächlich zwei, das Steinheil'sche Prismenphotometer und Zöllner's Astrophotometer, welche sich als zuverlässig und allgemein brauchbar erwiesen haben. Das erste besteht aus einem Fernrohre, dessen Objectiv diametral durchschnitten ist, der Art, dass jede Hälfte sich beliebig dem Oculare näher bringen lässt. Durch besondere Glasprismen erhält jede Objectivhälfte das Licht eines der beiden zu vergleichenden und zu Lichtflächen erweitertenSterne. Man verschiebt nun die Objectivhälfte so lange, bis dem Auge die beiden Lichtflächen der Sterne gleich hell erscheinen, alsdann sind die wahren Helligkeiten den Quadraten der Verschiebungen dierect proportional. Wesentlich anders ist das Astrometer Zöllner's construirt.

Die Vergleichung der Sterne geschieht mittels eines künstlichen Sterns von constanter Lichtintensität, welchem aber durch eine Polarisationsvorrichtung verschiedene genau messbare Grade der Helligkeit ertheilt werden können. In dem untern Theile eines Fernrohrs befindet sich in der Mitte eine planparallele Glasplatte unter einem Winkel von 45^0 geneigt angebracht. Diesem durchsichtigen Spiegel gegenüber ist das Rohr seitlich durchbrochen, so dass dem am Oculare des Fernrohrs befindlichen Auge die feine seitliche Oeffnung, welche durch eine constante Lichtquelle erleuchtet wird, durch Reflexion in der Axe des Fernrohrs als ein Stern erscheinen muss. Durch Verschiebung des Objectivs in der Richtung der Längsaxe des Instruments kann man es leicht dahin bringen, dass die Vereinigungspunkte von parallel auffallenden Strahlen mit dem Bildpunkte des künstlichen Sternes genau in einer Ebene liegen, so dass man sowohl das gespiegelte als auch das durch die Linse erzeugte Bild gleich scharf sehen muss, und durch Bewegung des Rohres den künstlichen Stern mit jedem andern Objecte zur Deckung bringen kann.

Der durch die etwa 0,2 bis 0,4 Millimeter weite kreisförmige Oeffnung eintretende Lichtstrahl hat auf seinem Wege bis zur durchsichtigen schief gestellten Spiegelplatte drei in einem Rohre enthaltene Nicol'sche Prismen zu passiren. Wird das Fernrohr um seine horizontale Axe gedreht, so bleibt die Lage sämmtlicher Prismen zur Spiegelplatte unverändert dieselbe, so dass, wenn bei der feinen Oeffnung vollkommen unpolarisirtes Licht eintritt, die Intensität der von den spiegelnden Flächen reflectirten Strahlen durchaus ungeändert bleibt. Vermittelst einer Handhabe lässt sich nun aber der vordere Theil der Röhre mit den beiden ersten Prismen um die horizontale Axe drehen und die Grösse der Drehung an einem in 360^0 getheilten Kreise mit Hülfe eines Nonius bis auf 6 Minuten ablesen. Während das dritte dem Spiegel zunächst stehende Prisma eine unveränderte Lage zum Spiegel beibehält, können die beiden andern Prismen gleichzeitig gedreht werden, so dass hierdurch die Intensität der vom Spiegel reflectirten Strahlen nach dem Gesetze des Quadrates des Cosinus geändert wird.

Um nun auch die Farbe des durch die feine Oeffnung einfallenden Lichtes beliebig und nach einer allgemein vergleichbaren Ordnung verändern zu können, ist zwischen dem ersten und zweiten Nicol'schen Prisma eine senkrecht zur Axe geschliffene, links drehende Bergkrystallplatte angebracht; das erste Nicol'sche Prisma lässt sich mittels eines Schraubenkopfes um die horizontale Axe drehen. Aus der Theorie des circular polarisirten Lichtes und der durch dasselbe in Bergkrystallplatten erzeugten Farben ist bekannt, dass bei Anwendung ein und derselben Lichtquelle die Qualität der Farbe durch die Dicke der Bergkrystallplatte und den Neigungswinkel der beiden Polarisationsebenen vollkommen bestimmt ist. Als passende Dicke der Bergkrystallplatte ist 5,15 Millimeter angenommen worden; zur Bestimmung des Neigungswinkels der Hauptschnitte der ersten beiden Prismen dient ein zweckmässig angebrachter, in 100 Theile getheilter Kreis. Die Angabe des

Neigungswinkels ist bei der bekannten Dicke der Bergkrystallplatte ausreichend, um die Farbe der vom Spiel reflectirten Strahlen so genau und allgemein vergleichbar zu bestimmen, als es das Unterscheidungsvermögen des betreffenden Beobachters für Farbendifferenzen getattet.

Um das von der Hinter- und Vorderfläche der Glasplatte erzeugte doppelte Spiegelbild der feinen Oeffnung der Ocularlinse möglichst nahe zu rücken, und diese Bilder zugleich als Lichtpunkte ohne sichtbaren Durchmesser erscheinen zu lassen, ist zwischen dem Spiegel und dem dritten Prisma eine möglichst stark gekrümmte Concavlinse angebracht, welche dem beabsichtigten Zwecke auf das Vollkommenste entspricht.

Der störende Einfluss verschiedener Helligkeiten des Himmelsgrundes wird bei dem Instrumente durch die Durchsichtigkeit der Spiegelplatte, auf welcher sich die künstlichen Sterne projiciren, vollkommen beseitigt; denn es befinden sich hierdurch die Vergleichssterne mit den verglichenen immer auf demselben Grunde.

Das eben beschriebene Photometer setzt das Vorhandensein einer mindestens während der Zeit zweier Ablesungen constanten Lichtquelle voraus. Die Lichtquelle, welche diesen Anforderungen entspricht, ist eine Flamme, die durch ein Gas von constanter chemischer Zusammensetzung erzeugt wird, das unter einem bestimmten Drucke aus einer constanten Oeffnung ausströmt.

Professor Zöllner hat mittels seines ausgezeichneten Apparates bereits eine grosse Anzahl von photometrischen Messungen ausgeführt, und darf man hoffen, dass sein schönes Instrument bald eine grössere Verbreitung auf den Sternwarten finden wird.

Philolaus, griechischer Philosoph, Schüler des Pythagoras, gegen 450 v. Chr. lebend, soll zuerst gelehrt haben, dass die Erde sich um die Sonne bewege.

Photosphäre nennt man in der Astronomie vorzugsweise die leuchtende Umhüllung der Sonne, in welcher die Sonnenflecken und Fackeln entstehen. Heute ist die ganze frühere Anschauung von der Umhüllung der Sonne längst beseitigt und damit auch der Begriff der Photosphäre gefallen.

Planconcav, **Planconvex**, s. Linsengläser.

Planetarium nennt man jede Maschinerie, welche die Planeten und ihre Bewegungsverhältnisse mit Beziehung auf die Sonne, also das Planetensystem körperlich darstellt. Die Sonne, meist durch einen brennenden Körper bezeichnet, bildet den Mittelpunkt, um welchen sich in concentrischen Kreisen und in den entsprechenden Entfernungen die einzelnen Planeten, durch kleine Kugeln bezeichnet, bewegen. Diese Bewegungen sind bei den bessern Instrumenten durch Räderwerk der Art regulirt, dass sie den wirklichen Bewegungen oder vielmehr deren Verhältniss unter einander entsprechen. Mittels eines Planetariums lassen sich sehr gut die verwickelten scheinbaren Bewegungen der Planeten demonstriren und deren Stellungen näherungsweise vorherbestimmen.

Piazzi, Giuseppe, berühmter Astronom, geb. am 16. Juli 1746 zu Ponte im Veltlin, gest. am 22. Juli 1826 zu Neapel, studirte 1746 in

Turin Philosophie, 1766 in Rom Theologie, wurde Theatinermönch und 1778 Prediger am Theatinerkloster zu Cremona, dann Professor der höhern Mathematik zu Palermo und Director der dort 1790 unter seiner Leitung erbauten Sternwarte. Im Jahre 1817 ging er als Generaldirector der Sternwarten Neapel und Palermo nach Neapel. Er entdeckte den ersten kleinen Planeten, die Ceres am 1. Januar 1801; sein Sternkatalog ist noch gegenwärtig von hohem Werthe.

Piazzi-Smyth, s. Smyth.

Picard, Jean, geb. am 21. Juli 1620 zu La Fléche in Anjou, gest. am 12. Juli 1682 zu Paris, war Prior zu Rillé in Anjou und Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften seit deren Gründung, führte bei seiner Gradmessung zwischen Malvoisine und Amiens (1669—70) die von Snellius vorgeschlagene Methode der Triangulation ein, gründete die Connaissance des temps und stellte viele astronomische und physikalische Beobachtungen an.

Pigott, Edward, entdeckte die Veränderlichkeit des Sternes η im Adler; über seine Lebensverhältnisse ist Nichts bekannt.

Pingré, Alexander Guy, geb. am 4. September 1711 zu Paris, gest. am 1. Mai 1796 ebenda, war von 1735—1745 Professor der Theologie im Collegium zu Senlis, wurde 1751 Astronom der Sternwarte der Abtei St. Geneviève zu Paris, ging 1760 zur Beobachtung des Venusdurchgangs nach Indien, sowie 1768 zu demselben Zwecke nach Nordamerika.

Pistor, Karl Philipp Heinrich, geb. am 3. Januar 1778 zu Berlin, gest. am 2. April 1847 ebenda, widmete sich 1793 dem Postdienste, gründete 1813 eine mechanische Werkstätte, aus der sich die berühmten Ateliers der gegenwärtigen Firma Pistor & Martins entwickelten.

Plana, Giovanni Antoneo Amadeo, Baron von, Professor der Astronomie und Director der Sternwarte zu Turin, geb. am 8. November 1781 zu Voghera, gest. 1868, einer der gelehrtesten Mathematiker und Astronom der Gegenwart. Sein berühmtes Werk „Théorie du mouvement de la lune" erschien 1832.

Planeten nennt man diejenigen Weltkörper, welche in nahezu kreisförmigen und nur wenig gegeneinander geneigten Bahnen von der Sonne aus gesehen rechtläufig die Sonne umkreisen, und von dieser erleuchtet und erwärmt werden. Man unterscheidet Hauptplaneten und Planetoiden, über letztere, welche ausnahmslos zwischen den Bahnen des Mars und Jupiter eingeschlossen sind, siehe den Artikel Planetoiden. Die Namen der Hauptplaneten, geordnet nach der Reihenfolge ihres Abstandes von der Sonne, sind: Mercur, Venus, Erde (mit 1 Mond), Mars, Jupiter (mit 4 Monden), Saturn (mit 8 Monden), Uranus (mit 4 Monden), Neptun (mit 1 Mond). Von diesen wurden Uranus und Neptun erst in neuerer Zeit entdeckt. Näheres über die Bahnelemente und über das Historische der Entdeckungen siehe unter den einzelnen Planeten.

Betrachtet man die Grösse, Abplattung, Rotation, Dichte etc. der einzelnen Planeten, so findet eine deutliche Theilung derselben in

zwei, durch die Zone der Planetoiden von einander geschiedenen Gruppen statt. Die inneren Planeten: Mercur, Venus, Erde, Mars, sind die dichteren, von mässiger Grösse und Masse, in nahe 24 Stunden einmal um ihre Axe rotirend, nur unbedeutend abgeplattet und bis auf einen gänzlich mondlos. Die äusseren Planeten sind weit massiger, weniger dicht, von beträchtlicher Grösse, schnell rotirend, stark abgeplattet und sehr mondreich. Sie sind wahrscheinlich noch nicht in den Zustand der Consistenz übergegangen, den wir bei den inneren Planeten als vorhanden annehmen müssen. Ob ausser den gegenwärtig bekannten Hauptplaneten noch mehrere Himmelskörper dieser Art existiren, ist eine Frage, die sich in positiver Weise gegenwärtig nicht beantworten lässt. Wahrscheinlich ist das Vorhandensein solcher Planeten immerhin, indem kein Grund vorliegt die Reihe mit den gegenwärtig bekannten Hauptplaneten abgebrochen zu denken. Doch beschränkt sich die Möglichkeit der Existenz noch unbekannter Hauptplaneten auf die Zone ausserhalb der Mercurbahn und den ungemessenen Raum jenseits der Bahn des Neptun. Zwischen den Bahnen der äussersten jetzt bekannten grossen Planeten, also zwischen der Bahn des Mercur und des Neptun, sind keine weiteren Hauptplaneten mehr zu erwarten, sondern höchstens nur Planetoiden innerhalb der von der Bahn des Mars und Jupiter eingeschlossenen Zone.

Planetoiden, Asteroiden, nennt man die Schaar von kleinen Planeten, welche sich zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter um die Sonne bewegen. Die Gesammtzahl dieser kleinsten Körper unseres Sonnensystems ist noch keineswegs bekannt, indem noch alljährlich neue aufgefunden werden. Unsere Kenntniss der Existenz der kleinen Planeten datirt vom 1. Januar 1801, als Piazzi zufällig die Ceres auffand. Doch hat, besonders seit dem Jahre 1847 nicht mehr der Zufall, sondern ein planmässiges, auf das Hülfsmittel sehr reichhaltiger Sternkarten gestütztes Suchen, die Auffindung neuer Planetoiden ermöglicht.

Die nachfolgende Tafel enthält eine Zusammenstellung der Namen der Planetoiden, der Zeit der Entdeckung, des Namens des Entdeckers und des Ortes, wo die Auffindung geschah.

No.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
1.	Ceres	1801	Januar	1.	Piazzi	Palermo.
2.	Pallas	1802	März	28.	Olbers	Bremen.
3.	Juno	1804	Septbr.	1.	Harding	Lilienthal.
4.	Vesta	1807	März	29.	Olbers	Bremen.
5.	Asträa	1845	Decbr.	8.	Henke	Driesen.
6.	Hebe	1847	Juli	1.	„	„
7.	Iris	„	August	13.	Hind	London.
8.	Flora	„	October	18.	„	„
9.	Metis	1848	April	26.	Graham	Markren.
10.	Hygiea	1849	„	12.	de Gasparis	Neapel.
11.	Parthenope	1850	Mai	11.	„	„
12.	Victoria	„	Septbr.	13.	Hind	London.
13.	Egeria	„	Novbr.	2.	de Gasparis	Neapel.
14.	Irene	1851	Mai	19.	Hind	London.

No.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
15.	Eunomia	1851	Juli	29.	de Gasparis	Neapel.
16.	Psyche	1852	März	17.	"	"
17.	Thetis	"	April	17.	Luther	Bilk.
18.	Melpomene	"	Juni	24.	Hind	London.
19.	Fortuna	"	August	22.	"	"
20.	Massalia	"	Septbr.	19.	de Gasparis	Neapel.
21.	Lutetia	"	Novbr.	15.	Goldschmidt	Paris.
22.	Calliope	"	"	16.	Hind	London.
23.	Thalia	"	Decbr.	15.	"	"
24.	Themis	1853	April	5.	de Gasparis	Neapel.
25.	Phocäa	"	"	7.	Chacornac	Marseille.
26.	Proserpina	"	Mai	5.	Luther	Bilk.
27.	Euterpe	"	Novbr.	8.	Hind	London.
28.	Bellona	1854	März	1.	Luther	Bilk.
29.	Amphitrite	"	"	1.	Marth	London.
30.	Urania	"	Juli	22.	Hind	"
31.	Euphrosyne	"	Septbr.	2.	Ferguson	Washington.
32.	Pomona	"	October	26.	Goldschmidt	Paris.
33.	Polyhymnia	"	"	28.	Chacornac	"
34.	Circe	1855	April	6.	"	"
35.	Leucothea	"	"	19.	Luther	Bilk.
36.	Atalante	"	October	5.	Goldschmidt	Paris.
37.	Fides	"	"	5.	Luther	Bilk.
38.	Leda	1856	Januar	12.	Chacornac	Paris.
39.	Lätitia	"	Februar	8.	"	"
40.	Harmonia	"	März	31.	Goldschmidt	"
41.	Daphne	"	Mai	22.	"	"
42.	Isis	"	"	23.	Pogson	Oxford.
43.	Ariadne	1857	April	15.	"	"
44.	Nysa	"	Mai	27.	Goldschmidt	Paris.
45.	Eugenia	"	Juni	26.	"	"
46.	Hestia	"	August	16.	Pogson	Oxford.
47.	Aglaja	"	Septbr.	15.	Luther	Bilk.
48.	Doris	"	"	19.	Goldschmidt	Paris.
49.	Pales	"	"	19.	"	"
50.	Virginia	"	October	4.	Ferguson	Washington
51.	Nemausa	1858	Januar	22.	Laurent	Nismes.
52.	Europa	"	Februar	4.	Goldschmidt	Paris.
53.	Calypso	"	April	4.	Luther	Bilk.
54.	Alexandra	"	Septbr.	10.	Goldschmidt	Paris.
55.	Pandora	"	"	10.	Searle	Albani.
56.	Melete	1857	"	9.	Goldschmidt	Paris.
57.	Mnemosyne	1859	"	22.	Luther	Bilk.
58.	Concordia	1860	März	24.	"	"
59.	Elpis	"	Septbr.	12.	Chacornac	Paris.
60.	Danae	"	"	9.	Goldschmidt	"
61.	Echo	"	"	15.	Ferguson	Washington.
62.	Erato	"	"	14.	Förster u. Lesser	Berlin.
63.	Ausonia	1861	Februar	11.	de Gasparis	Neapel.
64.	Angelica	"	März	5.	Tempel	Marseille.
65.	Cybele	"	"	9.	"	"
66.	Maja	"	April	10.	Tuttle	Cambridge.
67.	Asia	"	"	17.	Pogson	Madras.
68.	Leto	"	"	29.	Luther	Bilk.
69.	Hesperia	"	"	29.	Schiaparelli	Mailand.
70.	Panopäa	"	Mai	5.	Goldschmidt	Paris.
71.	Niobe	"	August	13.	Luther	Bilk.

No.	Namen.	Zeit der Entdeckung.			Entdecker.	Ort der Entdeckung.
72.	Feronia	1861	Mai	29.	Safford	Clinton.
73.	Clytia	1862	April	7.	Tuttle	Cambridge.
74.	Galatea	„	August	29.	Tempel	Marseille.
75.	Eurydice	„	Septbr.	22.	Peters	Clinton.
76.	Freya	„	October	21.	d'Arrest	Copenhagen.
77.	Frigga	„	Novbr.	12.	Peters	Clinton.
78.	Diana	1863	März	15.	Luther	Bilk.
79.	Eurynome	„	Septbr.	14.	Watson	Ann Arbor.
80.	Sappho	1864	Mai	2.	Pogson	Madras.
81.	Terpsichore	„	Septbr.	30.	Tempel	Marseille.
82.	Alcmene	„	Novbr.	27.	Luther	Bilk.
83.	Beatrix	1865	April	26.	de Gasparis	Neapel.
84.	Clio	„	August	25.	Luther	Bilk.
85.	Jo	„	Septbr.	19.	Peters	Clinton.
86.	Semele	1866	Januar	4.	Tietjen	Berlin.
87.	Sylvia	„	Mai	16.	Pogson	Madras.
88.	Thisbe	„	Juni	15.	Peters	Clinton.
89.	Julia	„	August	6.	Stephan	Marseille.
90.	Antiope	„	October	10.	Luther	Bilk.
91.	Aegina	„	Novbr.	4.	Borelli	Marseille.
92.	Undina	1867	Juli	7.	C. H. F. Peters	Clinton.
93.	Minerva	„	August	24.	C. Watson	Ann Arbor.
94.	Aurora	„	Septbr.	6.	„	„
95.	Arethusa	„	Novbr.	23.	Luther	Bilk.
96.	Aegle	1868	Februar	17.	Coggia	Marseille.
97.	Clotho	„	„	17.	Tempel	„
98.	Janthe	„	April	18.	Peters	Clinton.
99.	Dike	„	Mai	28.	Borelli	Marseille.
100.	Hekate	„	Juli	11.	Watson	Ann Arbor.
101.	Helena	„	August	15.	„	„
102.	Miriam	„	„	22.	Peters	Clinton.
103.	Hera	„	Septbr.	7.	Watson	Ann Arbor.
104.	Clymene	„	„	13.	„	„
105.	Artemis	„	„	16.	„	„
106.	Dione	„	October	10.	„	„
107.	Camilla	„	Novbr.	17.	N. Pogson	Madras.
108.	Hecuba	1869	April	2.	Luther	Bilk.
109.	Felicitas	„	October	9.	Peters	Clinton.
110.	Lydia	1870	April	19.	Borelli	Marseille.
111.	Ate	„	August	14.	Peters	Clinton.
112.	Iphigenia	„	Septbr.	19.	„	„

Die Seite 386 folgende Tabelle enthält die Bahnelemente von 93 Planetoiden nach dem Berliner astronomischen Jahrbuche. Es bezeichnet in derselben L die mittlere Länge, M die mittlere Anomalie, π die Länge des Perihels, ☊ die Länge des aufsteigenden Knotens, i die Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, φ den Excentricitätswinkel. μ die mittlere tägliche Bewegung, und log a den Logarithmus der halben grossen Axe der Bahn. Der Werth von μ giebt gleichzeitig die Umlaufszeit des betreffenden Planetoiden in Tagen, wenn man die Anzahl der Secunden des Kreisumfanges durch μ dividirt. Der Kreisumfang hat $360 \times 60 \times 60 = 1{,}296{,}000$ Secunden, die Umlaufszeit jedes der Planetoiden in Tagen ist daher $= \frac{1{,}296{,}000}{\mu}$.

Was die scheinbare Helligkeit der Planetoiden anbelangt, so ist dieselbe sehr gering; dem blossen Auge kann nur Vesta bisweilen in günstiger Opposition sichtbar werden, da dieser Planetoid alsdann etwa die 6. Grösse erreicht. Alle übrigen Asteroiden bleiben weit hinter dieser Grösse zurück, ja viele derselben sind nur in den ausgezeichnetsten Instrumenten bequem zu beobachten. Ueber die wahre, in Meilen ausgedrückte Grösse dieser kleinen Planeten, lehren die directen Messungen nichts Bestimmtes; was Herschel, Schröter und Lamont gefunden haben wollen, ist sicherlich nicht zuverlässig. Gewisse, auf photometrische Bestimmungen gestützte Berechnungen zeigen, dass kein einziger der Asteroiden an Grösse unserem Monde auch nur entfernt gleichkomme.

Die grosse Schaar zwischen den Bahnen des Mars und des Jupiter zusammengedrängter Asteroiden ist eine so merkwürdige Erscheinung im Planetensysteme, dass man sich schon früh, als kaum die hellsten derselben bekannt waren, veranlasst fühlte, nach dem Ursprunge dieser Sternchen zu forschen. Verschiedene Astronomen, besonders Olbers, glaubten in den Asteroiden die Trümmer eines ehemaligen grösseren Planeten erblicken zu müssen; doch ist die Hypothese von der Zertrümmerung eines grossen Planeten an und für sich mehr als unwahrscheinlich. Viel wahrscheinlicher ist es, dass die Anziehung des mächtigen Jupiter, bei Bildung des Planetensystems die Entstehung eines einzigen grossen Planeten da, wo heute der Schwarm der Asteroiden kreist, verhinderte.

Planetensystem, s. Weltsystem.

Planetentafeln nennt man die astronomischen Tafeln, welche dazu dienen, den Ort eines Planeten am Himmelsgewölbe für jede gewünschte Zeit ohne viele Rechnung finden zu können. Die Grundlagen der Planetentafeln bilden die Elemente der Planetenbahnen. Die besondere Einrichtung der Planetentafeln erkennt der sich dafür Interessirende am besten aus den einzelnen Tafeln selbst, weshalb hier davon Abstand genommen wird. Zur Ableitung der Planetenörter dienen gegenwärtig bei Mercur, Venus und Mars die von Leverrier im V. und VI. Bande der Annalen der Pariser Sternwarte gegebenen Tafeln, die sich durch eine sehr grosse Genauigkeit auszeichnen. Weit weniger genau sind die älteren Tafeln des Jupiter, Saturn und Uranus von Bouvard; für Neptun hat neuerdings Newcomb sehr genaue Tafeln geliefert. Um einen Begriff von der Genauigkeit der heutigen Planetentafeln zu geben, will ich hier nach Beobachtungen auf der Sternwarte Kremsmünster, die Differenzen zwischen der Beobachtung und der Vorausberechnung für die beiden Planeten Mars und Uranus mittheilen.

Mars.

Zeit.	Differenzen zwischen Vorausbestimmung und Beobachtung nach Leverrier's Tafeln.	
1869.	In Rectascension.	In Declination.
Februar 17.	— 0,30 Bogensecunden.	— 1,4 Bogensecunden.
„ 22.	+ 0,90 „	— 1,2 „
„ 25.	+ 0,30 „	— 1,4 „
März 4.	— 0,45 „	— 1,5 „
April 28.	— 0,45 „	— 2,7 „
Mai 2.	— 1,65 „	— 3,1 „

No.	Namen.	Epoche.	Mittl. Aequ.	L	M	π
1.	Ceres . . .	1868 Aug. 24,0	d. Ep.	328° 18′ 12″,5	180° 4′ 23″,1	148° 13′ 49″,4
2.	Pallas . .	1868 Juli 28,0	d. Ep.	298 45 32,8	176 50 55,6	121 54 37,2
3.	Juno . . .	1868 Mai 12,0	d. Ep.	232 29 5,6	177 32 51,8	54 56 13,8
4.	Vesta . .	1810 Jan. 0,0	d. Ep.	106 1 54,4	216 42 25,8	249 19 28,6
5.	Astraea . .	1868 Juni 17,0	d. Ep.	248 17 11,5	113 14 30,5	135 2 41,0
6.	Hebe . . .	1868 Jan. 1,0	d. Ep.	81 53 27,3	66 45 55,6	15 7 31,7
7.	Iris . . .	1850 Jan. 0,0	d. Ep.	207 30 30,1	166 7 9,0	41 23 21,1
8.	Flora . . .	1848 Jan. 1,0	d. Ep.	68 48 31,9	35 54 3,6	32 54 28,3
9.	Metis . . .	1858 Juni 30,0	d. Ep.	128 8 26,8	57 4 34,7	71 3 52,1
10.	Hygiea . .	1866 Juli 21,0	d. Ep.	229 34 29,8	353 55 38,0	235 38 51,8
11.	Parthenope.	1868 Jan. 1,0	d. Ep.	95 41 12,9	138 53 6,5	316 48 6,4
12.	Victoria . .	1851 Jan. 0,0	d. Ep.	7 42 4,9	66 2 39,9	301 39 25,0
13.	Egeria . .	1867 Dec. 21,0	d. Ep.	95 13 39,7	334 57 33,8	120 16 5,9
14.	Irene . . .	1864 Nov. 28,0	d. Ep.	314 47 16,0	134 55 9,2	179 52 6,8
15.	Eunomia .	1854 Jan. 0,0	d. Ep.	149 57 32,0	122 5 31,5	27 52 0,5
16.	Psyche . .	1868 April 29,0	d. Ep.	226 14 23,1	210 41 40,5	15 32 42,6
17.	Thetis . .	1868 Juni 5,0	d. Ep.	256 10 3,2	355 37 49,8	60 32 13,4
18.	Melpomene .	1854 Jan. 0,0	d. Ep.	95 10 8,0	80 4 37,0	15 5 31,0
19.	Fortuna . .	1869 Jan. 6,0	1870,0	91 58 6,6	61 27 19,5	30 30 47,1
20.	Massalia . .	1867 Oct. 2,0	d. Ep.	24 48 32,5	285 50 19,5	298 58 13,0
21.	Lutetia . .	1853 Jan. 2,0	d. Ep.	41 24 3,8	74 20 5,1	327 3 58,7
22.	Calliope . .	1867 Dec. 19,0	d. Ep.	82 20 56,7	23 46 40,2	58 34 16,5
23.	Thalia . .	1868 Aug. 12,0	d. Ep.	328 41 29,9	204 55 20,8	123 46 9,1
24.	Themis . .	1867 Sept. 14,0	d. Ep.	17 46 12,4	234 56 9,1	142 50 3,2
25.	Phocaea . .	1868 Mai 23,0	d. Ep.	266 37 17,7	323 38 1,1	302 59 16,6
26.	Proserpina .	1853 Juni 11,0	d. Ep.	227 31 10,6	351 5 55,6	236 25 15,0
27.	Euterpe . .	1867 Sept. 8,5	d. Ep.	5 23 35,7	277 42 42,2	87 40 53,5
28.	Bellona . .	1865 Jan. 7,0	d. Ep.	283 1 20,6	160 0 53,2	123 0 27,4
29.	Amphitrite .	1868 Oct. 20,5	d. Ep.	31 57 38,0	336 5 30,4	55 52 7,6
30.	Urania . .	1868 Mai 24,0	d. Ep.	251 36 46,8	219 59 24,1	31 37 22,7
31.	Euphrosyne	1868 April 24,0	d. Ep.	189 20 5,1	95 40 11,2	93 39 53,9
32.	Pomona . .	1855 Jan. 5,0	d. Ep.	57 16 27,2	223 54 37,4	193 21 49,8
33.	Polyhymnia	1868 Juni 15,0	d. Ep.	300 34 21,0	317 54 58,0	342 39 23,0
34.	Circe . . .	1868 März 7,0	d. Ep.	168 28 8,4	18 43 31,3	149 44 37,1
35.	Leukothea .	1868 Nov. 4,0	d. Ep.	52 51 52,5	211 0 5,4	201 51 52,1
36.	Atalante . .	1868 Juni 23,0	d. Ep.	302 33 10,0	259 44 55,7	42 48 14,3
37.	Fides . . .	1866 März 3,0	d. Ep.	175 7 54,8	108 57 51,3	66 10 53,5
38.	Leda . . .	1864 Oct. 19,0	d. Ep.	91 53 14,6	351 24 31,1	100 28 43,5
39.	Laetitia . .	1866 Mai 2,0	d. Ep.	234 9 32,1	231 39 4,8	2 30 27,3
40.	Harmonia .	1863 Jan. 0,0	d. Ep.	187 42 26,4	186 48 19,4	0 54 7,0
41.	Daphne . .	1868 Dec. 10,0	d. Ep.	102 34 21,0	242 20 17,0	220 14 4,0
42.	Isis . . .	1856 Juni 11,0	d. Ep.	271 48 39,8	313 50 49,8	317 57 50,0
43.	Ariadne . .	1869 Jan. 1,0	d. Ep.	73 1 24,4	155 12 24,6	277 48 59,8
44.	Nysa . . .	1866 Oct. 9,0	1870,0	35 30 4,2	283 21 50,5	112 8 13,7
45.	Eugenia . .	1857 Juli 1,0	d. Ep.	254 22 55,8	24 31 23,0	229 51 32,8
46.	Hestia . .	1865 Juli 26,0	d. Ep.	316 22 21,9	322 11 45,9	354 10 36,0

☊	i	φ	μ	log a	Berechner.
° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″		
80 50 49,4	10 36 20,9	4 32 30,6	770,98032	0,4419755	Prof. Wolfers.
172 45 54,1	34 42 50,8	13 52 41,9	770,34227	0,4422152	Prof. Galle.
170 51 21,1	13 1 25,6	14 56 47,6	814,05519	0,4262351	R. Hind.
103 11 22,1	7 8 5,0	5 5 36,3	977,6338563	0,3732203	Prof. Brünnow.
141 27 53,6	5 19 7,4	10 48 37,4	857,58820	0,411152	Dr. Günther.
138 40 19,5	14 46 53,2	11 39 39,4	939,42506	0,3847630	Dr. R. Luther.
259 47 55,8	5 28 3,0	13 20 50,2	962,580602	0,3777130	Prof. Brünnow.
110 17 48,6	5 53 8,0	9 0 56,3	1086,33098	0,3426963	Prof. Brünnow.
68 31 35,2	5 36 0,3	7 5 2,4	962,33898	0,3777857	Dr. Lesser.
286 45 17,6	3 49 5,0	5 45 11,2	634,9962	0,4981570	Prof. Zech.
125 8 53,6	4 37 5,2	5 40 43,1	923,88524	0,3895923	Dr. R. Luther.
235 34 41,7	8 23 17,7	12 38 44,9	994,83472	0,3681389	Prof. Brünnow.
43 16 13,5	16 30 57,4	5 1 12,2	858,18262	0,410952	Dr. Günther.
86 42 23,7	9 7 37,5	9 33 23,7	853,20824	0,4126344	Prof. Bruhns.
293 52 14,5	11 44 17,4	10 47 32,2	825,4550	0,422209	Schubert.
150 34 31,8	3 3 59,4	7 48 14,3	710,0683	0,465805	Schubert.
125 24 19,1	5 36 5,4	7 18 34,6	912,32482	0,393238	Dr. Günther.
150 3 49,7	10 9 16,9	12 34 20,2	1020,1198	0,360903	Schubert.
211 25 43,2	1 32 47,6	9 6 39,3	930,2293	0,3876110	Dr. Powalky.
206 26 54,2	0 41 13,8	8 11 26,9	948,57340	0,381957	Dr. Günther.
80 27 48,5	3 5 9,5	9 19 44,6	933,55438	0,3865780	Dr. Lesser.
66 36 1,2	13 43 48,3	5 39 19,1	714,79249	0,463885	Dr. Günther.
67 41 12,9	10 13 20,9	13 23 10,4	832,8800	0,419616	Schubert.
35 46 39,8	0 48 38,3	7 2 15,0	638,099364	0,4967454	Prof. Krüger.
214 5 31,7	21 34 40,5	14 43 30,3	953,95908	0,380318	Dr. Günther.
45 54 59,3	3 35 47,7	5 0 37,3	819,68468	0,4242390	Prof. Hoek.
93 48 2,6	1 35 27,8	9 53 31,7	985,92687	0,370775	Dr. Günther.
144 35 0,8	9 21 29,0	8 44 24,2	766,40597	0,4436895	Prof. Bruhns.
356 31 50,4	6 7 43,7	4 12 3,4	868,53758	0,407479	Dr. Günther.
308 11 9,6	2 6 7,1	7 18 16,6	975,35383	0,373897	Dr. Günther.
31 32 15,7	26 27 21,1	12 45 1,6	633,8905	0,498661	Schubert.
220 42 55,6	5 28 49,9	4 45 43,2	852,58795	0,4128449	Dr. Lesser.
9 7 6,9	1 56 21,6	19 49 53,7	732,5336	0,456787	Schubert.
184 49 54,0	5 26 28,7	6 10 47,5	805,39528	0,4293317	Dr. Auwers.
355 44 24,3	8 12 5,3	12 46 45,3	683,8678	0,476689	Schubert.
359 13 15,0	18 42 30,4	17 34 51,9	780,5010	0,438431	Schubert.
8 13 51,4	3 7 12,7	10 10 45,9	826,61320	0,4218028	Dr. Tiele.
296 32 6,5	6 58 19,7	8 59 46,6	782,46165	0,4376956	Dr. Rosén.
157 21 11,5	10 22 5,1	6 35 2,2	770,85681	0,4420219	Dr. Tietjen.
93 34 54,2	4 15 48,4	2 40 13,6	1039,3353	0,355500	Schubert.
179 3 45,9	16 0 10,7	15 41 30,0	774,57051	0,440631	Dr. Günther.
84 27 51,7	8 34 32,9	13 2 20,6	930,9057	0,3874006	Dr. Brunn.
264 38 34,1	3 27 42,1	9 38 35,6	1084,96385	0,343061	Dr. Weiss.
131 5 57,9	3 41 56,5	8 40 17,9	941,35966	0,3841674	Dr. Powalky.
148 5 24,4	6 34 56,8	4 42 59,4	790,73132	0,4346518	Löwy.
181 26 45,4	2 17 32,1	9 26 55,8	883,5639	0,4025124	Prof. Karlinski.

No.	Namen.	Epoche.	Mittl. Aequ.	L	M	π
47.	Aglaja . .	1866 Juni 21,0	1870,0	273° 31′ 14,″1	319° 39′ 14,″0	313° 52′ 0,″1
48.	Doris . . .	1867 Juni 26,0	1870,0	272 39 11,1	199 13 40,4	73 25 30,7
49.	Pales . . .	1869 Mai 26,0	1870,0	60 22 13,3	28 42 46,2	31 39 27,1
40.	Virginia . .	1866 Febr. 11,0	1870,0	349 5 19,9	339 6 19,5	9 59 0,4
51.	Nemausa .	1867 Nov. 23,0	1870,0	53 12 46,8	237 30 34,9	175 42 11,9
52.	Europa . .	1865 Jan. 17,0	1870,0	206 19 24,7	102 4 8,7	104 15 16,0
53.	Calypso . .	1868 Juli 26,0	d. Ep.	317 21 4,5	224 37 16,2	92 43 48,3
54.	Alexandra .	1858 Dec. 30,0	d. Ep.	346 27 22,1	52 11 21,6	294 16 0,5
55.	Pandora . .	1867 Juli 16,0	d. Ep.	339 27 26,4	328 58 44,6	10 28 41,8
56.	Melete . .	1868 Febr. 2,0	d. Ep.	143 40 36,8	210 8 6,8	293 32 30,0
57.	Mnemosyne	1866 Dec. 8,0	d. Ep.	113 46 43,7	59 54 8,3	53 52 35,4
58.	Concordia .	1865 Jan. 7,0	d. Ep.	210 34 9,9	21 24 40,6	189 9 29,3
59.	Elpis . . .	1865 Jan. 7,0	d. Ep.	352 37 39,9	334 18 55,2	18 18 46,7
60.	Echo . . .	1870 Jan. 0,0	d. Ep.	193 20 21,3	94 43 27,8	98 36 53,5
61.	Danaë . .	1868 Febr. 20,0	d. Ep.	142 11 40,9	160 26 42,0	341 44 58,9
62.	Erato . . .	1865 Mai 7,0	d. Ep.	313 48 49,9	279 40 20,8	34 8 29,1
63.	Ausonia . .	1868 Febr. 1,0	1870,0	128 12 30,8	218 55 53,4	269 16 37,4
64.	Angelina .	1865 Jan. 7,0	d. Ep.	119 24 24,9	355 47 2,2	123 37 22,7
65.	Cybele . .	1867 Febr. 26,0	1870,0	170 42 42,7	271 10 28,5	259 32 14,2
66.	Maja . . .	1865 Jan. 27,0	d. Ep.	131 32 3,8	87 7 3,2	44 25 0,6
67.	Asia . . .	1865 Jan. 7,0	d. Ep.	242 10 26,5	296 3 7,2	306 7 19,3
68.	Leto . . .	1864 Febr. 22,0	d. Ep.	92 36 1,2	107 30 19,6	345 5 41,6
69.	Hesperia .	1863 Aug. 6,0	1870	316 37 27,4	207 5 35,5	109 31 51,9
70.	Panopaea .	1866 Oct. 9,0	1070,0	346 3 44,0	46 15 25,0	299 48 19,0
71.	Niobe . .	1866 Dec. 18,0	d. Ep.	13 49 2,7	152 1 13,6	221 47 49,1
72.	Feronia . .	1870 Jan. 0,0	d. Ep.	41 22 10,0	93 23 59,6	307 58 10,4
73.	Clytia . .	1864 Oct. 3,5	d. Ep.	25 15 35,7	325 30 44,0	59 44 51,7
74.	Galatea . .	1867 Nov. 28,0	d. Ep.	45 10 26,2	37 46 40,1	7 23 46,1
75.	Eurydice .	1865 Dec. 13,0	1870,0	261 56 21,9	287 32 14,0	334 24 7,9
76.	Freia . . .	1863 Juli 27,0	1870.0	100 13 9,5	6 51 12,5	93 21 57,0
77.	Frigga . .	1870 Jan. 0,0	d. Ep.	256 4 15,5	197 36 27,6	58 27 47,9
78.	Diana . .	1867 Jan. 27,0	d. Ep.	129 33 58,0	8 5 41,5	121 28 16,5
79.	Eurynome .	1864 Jan. 1,0	d. Ep.	45 49 17,4	1 30 5,5	44 19 11,9
80.	Sappho . .	1865 Dec. 3,0	1870,0	61 29 32,1	66 18 45,8	355 10 46,3
81.	Terpsichore	1864 Oct. 6,0	d. Ep.	21 56 27,2	333 26 58,4	48 29 28,8
82.	Alkmene .	1865 Febr. 16,0	d. Ep.	103 51 54,6	332 32 13,8	131 19 40,8
83.	Beatrix . .	1866 Juni 11,0	1870,0	310 53 27,7	118 10 11,3	192 43 16,4
84.	Clio . . .	1865 Nov. 13,0	d. Ep.	353 48 43,6	14 36 45,5	339 11 58,1
85.	Io	1870 Jan. 0,0	d. Ep.	352 28 17,6	29 53 46,1	322 34 31,5
86.	Semele . .	1866 Jan. 20,0	1866,0	39 8 17,6	10 29 13,3	28 39 4,3
87.	Sylvia . .	1866 Jan. 0,0	d. Ep.	230 48 53,6	253 27 23,6	337 21 30,0
88.	Thisbe . .	1866 Aug. 4,5	1866,0	304 56 2,3	356 15 15,5	308 40 46,8
89.	Julia . . .	1866 Oct. 29,0	1870,0	345 2 53,9	351 46 54,8	353 15 59,1
90.	Antiope . .	1866 Oct. 18,0	1866,0	346 8 36,5	52 6 9,2	294 2 27,3
91.	Aegina . .	1867 Febr. 2,0	1870,0	61 6 19,5	352 57 11,4	68 9 8,1
92.	Undina . .	1867 Jan. 0,0	1867,0	278 39 56,0	304 10 16,2	334 29 39,8
93.	Minerva . .	1867 Oct. 2,0	1867,0	343 27 53,6	66 47 58,8	276 39 54,8

☊	i	φ	μ	log a	Berechner.
° ′ ″	° ′ ″	° ′ ″	″		
4 15 47,2	5 0 22,1	7 44 18,9	726,3291	0,4592487	Dr. Powalky.
185 10 43,4	6 29 27,2	4 21 47,8	647,45625	0,4925308	Dr. Powalky.
290 34 8,9	3 8 22,0	13 43 13,0	655,68270	0,4888752	Dr. Powalky.
173 28 36,6	2 47 23,1	16 30 6,3	821,66585	0,4235409	Dr. Powalky.
175 43 19,2	9 57 25,1	3 51 50,8	975,57374	0,3738310	Dr. Tietjen.
129 55 51,7	7 24 40,8	5 47 54,9	647,9128	0,4923267	Dr. Murmann.
144 3 11,9	5 6 39,5	11 46 12,3	837,34148	0,418069	Dr. Günther.
313 49 27,4	11 46 58,2	11 27 36,6	795,63387	0,4328622	Dr. Schultz.
10 51 7,3	7 13 55,4	8 19 1,1	773,4879	0,4410354	Prof. Möller.
194 28 26,9	8 1 33,1	13 39 59,2	847,98689	0,4144117	Dr. R. Luther.
200 3 27,7	15 10 21,8	6 16 27,4	633,01220	0,4990630	Adolph.
161 19 51,7	5 1 51,4	2 26 21,1	799,59785	0,4314233	Dr. Oppolzer.
170 20 28,6	8 37 13,9	6 44 9,0	793,97750	0,4334656	Dr. Oppolzer.
192 5 39,5	3 34 16,7	10 38 45,8	958,47412	0,3789508	Prof. Peters.
334 13 36,9	18 15 27,0	9 17 44,0	687,45300	0,4751757	Dr. R. Luther.
126 11 42,1	2 12 17,5	9 46 4,3	640,85901	0,4954961	Schmidt.
338 9 2,3	5 47 24,3	7 12 28,8	957,07204	0,3793746	Dr. Tietjen.
311 10 9,5	1 19 53,6	7 21 54,6	808,311367	0,4282853	Dr. Oppolzer.
158 59 1,8	3 28 9,3	6 54 6,7	560,9018	0,5340799	Fritsche.
8 15 23,7	3 4 15,1	9 5 46,9	821,9211	0,423451	Dr. Weiss.
202 43 41,1	5 59 37,8	10 39 52,8	941,50900	0,3841214	Prof. Frischauf.
44 53 5,6	7 57 34,6	10 51 9,3	765,27658	0,4441256	Wolff.
187 8 20,1	8 28 22,7	9 57 12,4	691,4648	0,473491	Dr. Kowalczyk.
48 19 30,0	11 38 20,4	10 35 27,5	840,01087	0,4171478	Dr. Dunér.
316 19 52,1	23 19 35,4	10 3 18,9	776,51858	0,4399031	Becker.
207 48 31,7	5 23 52,9	6 52 45,9	1040,14680	0,3552747	Prof. Peters.
7 33 52,4	2 24 34,8	2 32 14,2	815,67522	0,425660	Dr. Celoria.
198 0 35,2	3 58 54,6	13 46 49,1	766,4390	0,443687	Dr. Günther.
0 0 31,5	5 0 5,5	17 52 25,8	813,38995	0,4264719	Dr. Engelmann.
213 9 27,1	2 1 45,9	10 49 6,4	569,075980	0,5298909	Dr. Murmann.
2 10 49,3	2 27 50,8	7 49 22,1	811,62950	0,4270992	Prof. Peters.
333 57 24,2	8 38 46,2	11 53 15,4	835,44419	0,4187261	Dr. von Asten.
206 42 34,3	4 36 48,7	11 15 21,3	928,8780	0,3880320	Dr. Tischler.
218 35 19,2	8 36 51,5	11 32 40,0	1019,7581	0,3610063	Herr Albrecht.
2 32 6,0	7 55 36,9	12 11 36,8	735,766	0,4555112	Hall.
26 56 50,7	2 51 15,1	13 3 28,9	773,902	0,4408804	Safford.
27 33 42,8	5 0 15,8	4 53 4,6	935,7507	0,385898	Becker.
327 22 1,1	9 22 25,5	13 39 34,8	977,5422	0,3732474	Valentiner.
203 55 58,8	11 53 15,8	11 1 12,5	820,69328	0,4238839	Prof. Peters.
87 57 14,8	4 47 31,3	11 59 21,6	648,9624	0,491858	Dr. Tietjen.
76 23 41,3	10 51 22,0	4 39 22,6	543,5800	0,5431620	Peters.
277 42 51,5	5 14 34,8	9 30 2,8	770,1788	0,442277	Dr. Tietjen.
311 33 31,4	16 12 1,8	10 22 19,4	871,630	0,406450	Wolff.
71 0 23,4	2 17 25,1	11 39 2,7	632,35913	0,4993618	Vogel.
11 36 7,0	2 9 12,1	3 46 52,7	902,3620	0,396417	Valentiner.
102 50 56,1	9 56 22,0	5 58 27,5	622,3906	0,5039624	Prof. Peters.
5 2 28,0	8 35 34,9	7 39 29,5	776,4367	0,439934	Lehmann.

Uranus.

Zeit.	Differenzen zwischen Vorausbestimmung und Beobachtung nach Bouvard's Tafeln.	
1869.	In Rectascension.	In Declination.
Januar 13.	+ 3′ 52″	− 15,7″
„ 31.	+ 3 49	− 14,7
Februar 7.	+ 3 49	− 14,3
„ 22.	+ 3 45	− 13,5

Man sieht, dass die Leverrier'schen Tafeln beim Mars, besonders in Rectascension, eine fast absolut zu nennende Uebereinstimmung des Himmels mit der Vorausberechnung zeigen, während für den Planeten Uranus die älteren und auf nur wenige und unvollkommnere Beobachtungen gegründete Tafeln Bouvard's allerdings weit grössere Abweichungen zeigen. Es sind Aussichten vorhanden, dass auch für die Planeten Jupiter, Saturn und Uranus in nicht allzu langer Zeit neue, und den heutigen Anforderungen entsprechende Tafeln berechnet werden.

Platonisches Jahr wird der Zeitraum genannt, innerhalb dessen die Pole des Aequators ihren Umlauf um die Pole der Ekliptik vollenden. Dieser Zeitraum umfasst etwa 25,000 Jahre. Vergleiche über die Ursache jener Umlaufsbewegung den Artikel Präcession. Eine besondere Bedeutung hat die Periode des platonischen Jahres für unsere Erde nicht, obgleich man sie wohl früher und noch in neuerer Zeit mit grossartigen Umwälzungen an der Oberfläche unseres Planeten in Verbindung gebracht hat.

Plejaden, ein schöner, dem blossen Auge sichtbarer Sternhaufen im Sternbilde des Stieres. Er bildet nach Mädler das Centrum der Bewegung für unsere ganze Fixsternschicht.

Plössl, Simon, geb. am 19. September 1794 zu Wien, gest. am 30. Januar 1868 ebenda, bildete sich bei F. Voigtländer zum Optiker aus und errichtete 1823 in Wien eine mechanische und optische Werkstatt, aus der aplanatische Microscope und dialytische Fernrohre von grosser Vollkommenheit hervorgingen.

Pogson, Norman Robert, geb. am 23. März 1829 zu Nottingham, war Anfangs Lehrer der Mathematik in London, darauf 1851 Gehülfe unter Hind, 1859 Director des Hartwell-Observatoriums und ging 1860 als Astronom nach Madras. Pogson hat sich um die Kenntniss der veränderlichen Sterne sehr verdient gemacht; er entdeckte die Planetoiden Iris (am 23. Mai 1856), Ariadne (am 15. April 1857), Hestia (am 16. August 1857), Asia (am 17. April 1861), Sappho (am 2. Mai 1864), Sylvia (am 16. Mai 1866) und Camilla (am 17. November 1868).

Poisson, Siméon Denis, geb. am 21. Juni 1781 zu Pithiviers im Depart. Loiret, gest. am 25. April 1840 zu Paris, einer der bedeutendsten Mathematiker der Neuzeit, besuchte von 1798 bis 1800 die polytechnische Schule zu Paris, wurde 1802 Professor der Mathematik und Mechanik, war 1815—1840 Examinator, Professor der Mechanik an der Facultät der Wissenschaften, und seit 1837 Pair von Frankreich. Napoléon erhob ihn in den Adelstand. Poisson's Arbeiten umfassen

die schwierigsten Theile der höhern Mechanik, sie sind gleich ausgezeichnet durch ihre Tiefe wie durch ihre grosse Anzahl. Verschiedene Probleme der Mechanik des Himmels, die Laplace angedeutet, führte Poisson weiter aus.

Polarkreise nennt man sowohl auf der Erdoberfläche als am Himmelsgewölbe je zwei Kreise, welche man sich in einem Abstande um die Pole gezogen denkt, welcher der Schiefe der Ekliptik entspricht, also in einem Abstande von etwa $23\frac{1}{2}^0$. Sie heissen je nach dem Pole, den sie umschliessen, nördlicher oder südlicher Polarkreis. Auf der Erde umschliessen die Polarkreise die beiden kalten Zonen.

Polarstern wird der Stern 2. Grösse α im kleinen Bären genannt, weil er dem nördlichen Himmelspole so nahe steht, dass sich für das blosse Auge der ganze Sternenhimmel um ihn als Pol zu drehen scheint. Für den Südhimmel existirt kein hellerer Stern, der Anspruch auf den Namen Polarstern machen könnte. Uebrigens hatte unser gegenwärtiger Polarstern nicht immer ein Anrecht auf diese Bezeichnung, ebenso wenig wie er dasselbe für die Zukunft stets haben wird. Zur Zeit Hipparch's stand er noch fast 12^0 vom Nordpole entfernt; vor 2700 Jahren war α im Drachen Polarstern; nach 230 Jahren wird unser gegenwärtiger Polarstern dem Nordpol des Himmels bis auf weniger als einen Monddurchmesser nahe stehen und sich dann wieder von ihm entfernen, bis nach 12,000 Jahren α im Schwan, als der hellste aller Polarsterne, diesen Namen führen wird. Die Ursache dieser Veränderungen ist in dem Vorrücken der Nachtgleiche (s. d.) zu suchen. Will man diejenigen Sterne kennen lernen, welche überhaupt im Laufe der Jahrtausende einen Anspruch auf den Namen Polarstern haben werden, so ziehe man auf einer Sternkarte oder einem Himmelsglobus um den Pol der Ekliptik einen Kreis, dessen Radius der Schiefe der Ekliptik gleich ist; alle Sterne, welche diesem Kreise sehr nahe stehen, werden mit der Zeit als Polarsterne betrachtet werden.

Poldistanz heisst der Winkelabstand eines Gestirns von einem der beiden Himmelspole. Man bezieht die Poldistanz meist auf den Abstand von den Polen des Aequators, obgleich man sie natürlich auch auf die Pole der Ekliptik beziehen könnte. Poldistanz und Declination eines Gestirns ergänzen sich stets zu 90^0.

Pole nennt man in der Astronomie vorzugsweise die beiden Endpunkte von Axen, um welche Drehungen erfolgen. So sind z. B. die Himmelspole die Endpunkte der imaginären Weltaxe, um welche sich das ganze Himmelsgewölbe dreht. Diese beiden Pole werden speciell auch Pole des Aequators genannt, im Gegensatze zu den Polen der Ekliptik, welche diejenigen beiden Punkte an der Himmelsphäre sind, welche von allen Punkten der Ekliptik um 90^0 entfernt sind. Man unterscheidet die Pole nach der Weltgegend, in deren Richtung sie fallen als Nord- und Südpol.

Polhöhe eines Ortes der Erdoberfläche ist der Bogen eines grössten Kreises, um welchen der an dem betreffenden Orte sichtbare Weltpol sich über den Horizont erhebt. Polhöhe + Aequatorhöhe eines Ortes

ergänzen sich stets zu 90°. Die Polhöhe ist ferner stets gleich der geographischen Breite. Ueber die Bestimmung der Polhöhe für einen beliebigen Ort vergleiche man Breite, geographische. Es bezeichne (Fig. 48) ASQN einen Durchschnitt der sphäroidalen Erdoberfläche, NN sei die Polar-, AQ die Aequatorealaxe, B ein Ort der Erdoberfläche und BH die Normale für diesen Ort, welche also mit der Richtung der Schwere identisch ist. Man nennt dann den Winkel BJA, welchen die Normale BH mit der Axe AQ des Aequators macht, die scheinbare Polhöhe, im Gegensatze zu der wahren Polhöhe BKA oder der sogenannten verbesserten Breite. Die Beobachtungen ergaben unmittelbar bloss die scheinbare Polhöhe, aus der man unter Berücksichtigung der Grösse der Erdabplattung den Winkel HBK und hiermit die wahre, geocentrische Polhöhe ableiten muss. Nennt man die scheinbare Polhöhe β, die wahre β', und ist die Abplattung der Erde $= \frac{1}{289}$, so hat man

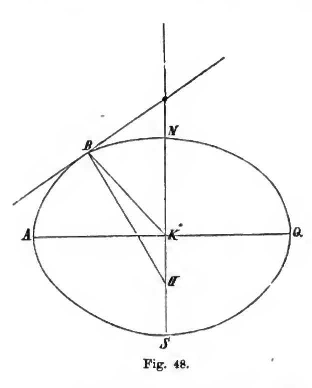


Fig. 48.

$$\beta' = \beta - 712{,}5'' \sin 2\beta - 4{,}9'' \sin 2\beta \cdot \sin^2\beta.$$

Die nachstehende Tafel enthält die verbesserte Breite für einzelne geographische Breiten.

Geographische Breite.	Verbesserte Breite.		
0°	0°	0′	0,0″
10	9	55	56,3
20	19	52	21,7
30	29	49	41,9
40	39	48	16,3
50	49	48	15,5
60	59	49	39,8
70	69	52	19,2
80	79	55	54,7
90	90	0	0,0

Pond, John, geb. 1767 zu London, gest. am 7. September 1836 zu Blackheath, stellte Anfangs als Privatmann aus Neigung astronomische Beobachtungen an, machte dann grössere Reisen und wurde 1811 zum Director der Sternwarte zu Greenwich ernannt. Im Jahre 1835 trat er in den Ruhestand.

Pons, Jean Louis, geb. am 24. December 1761 zu Peyre in Frankreich, gest. am 14. October 1831 zu Florenz, berühmter Kometenentdecker, war Anfangs Gehülfe an der Sternwarte zu Marseille, ward

1819 Director der neuen Sternwarte zu Marlia bei Lucca und 1825 Director der Sternwarte zu Florenz. Pons entdeckte die Kometen von 1801, 1802, 1804, I und II 1806, I und II 1808, von 1810, II 1811, 1812, I und II 1813, 1816, I, II und III 1818, III 1819, I und II 1822, II und IV 1825, II, IV und V 1826, I, II und III 1827.

Porta, Giambattista della, geb. 1538 zu Neapel, gest. am 4. Februar 1615 ebenda, war ein reicher Edelmann, der Behufs naturwissenschaftlicher Belehrung einen grossen Theil von Mitteleuropa bereiste. In der Ausgabe seines Werkes „Magia naturalis" von 1589 gedenkt er der Camera obscura mit der Linse, ohne sich jedoch als Erfinder derselben darzustellen.

Posidonius, berühmter Griechischer Philosoph, geb. zu Apameia in Syrien, lebte Anfangs auf der Insel Rhodus und siedelte später nach Rom über, wo er zur Zeit Cicero's in hohem Alter starb. Er versuchte den Erdumfang zu bestimmen, wie in dem Artikel Gradmessungen näher gezeigt ist.

Positionswinkel wird der Winkel am Mittelpunkte eines Gestirns genannt, den dessen Declinations- und Breitenkreis mit einander bilden. Bei den Doppelsternen wird der Winkel, welchen die beide Sterne verbindende gerade Linie mit einer durch den hellen Stern gelegten, dem Himmelsäquator parallelen Linie bildet, Positionswinkel genannt.

Pouillet, Claude Servais Mathias, geb. am 16. Februar 1791 zu Cusance im Departement des Doubs, gest. am 14. Juni 1868 zu Paris, trat 1811 in die Ecole normale zu Paris, ward 1829 Professor der Physik am Conservatoire des arts et métiers, 1831 Professor an der polytechnischen Schule, Professor der Physik an der Sorbonne und Director des Conservatoire des arts et métiers. Nach dem Staatsstreiche am 2. December 1851 verweigerte er der neuen Regierung den Eid der Treue und ward als verabschiedet von dem Lehrstuhle der Sorbonne betrachtet. Die bemerkenswertheste Arbeit Pouillet's ist seine Abhandlung aus dem Jahre 1838 über die Sonnenwärme und die genaue Bestimmung der Wärmemenge, welche unser Centralgestirn aussendet.

Powalky, Karl Rudolph, berühmter astronomischer Rechner, geb. am 19. Juni 1817 zu Neu-Dietendorf bei Gotha, war von 1842 bis 1848 Gehülfe an der Hamburger Sternwarte, rechnete von 1850 bis 1856 für Hansen an dessen Sonnen- und Mondtafeln und ist seitdem hauptsächlich als Rechner am Berliner Jahrbuche thätig. Unter seinen Arbeiten sind viele Bahnbestimmungen kleiner Planeten, nebst einer Neuberechnung der Sonnenparallaxe aus den letzten Venusdurchgängen zu nennen.

Präcession, s. Vorrücken der Nachtgleichen.

Prestel, Michael August Friedrich, geb. am 27. October 1809 zu Göttingen, Anfangs Lehrer der practischen Astronomie an der Navigationsschule zu Emden, dann Oberlehrer der Mathematik und der Naturwissenschaften an dem dortigen Gymnasium, ein vielfach ver-

dienter Meteorologe, der sich durch verschiedene in das Gebiet der Astronomie einschlagende Schriften wohl bekannt gemacht hat.

Prevost, Pierre, geb. am 3. März 1751 zu Genf, gest. am 8. April 1839 ebenda, war Anfangs Hauslehrer, lebte abwechselnd in Berlin, Genf und Paris, wurde 1810 Professor der Physik an der Universität zu Genf und nahm 1823 als solcher seinen Abschied. Prevost machte sich durch eine grosse Reihe physikalischer und physikalisch-astronomischer Abhandlungen berühmt; ungefähr gleichzeitig mit dem ältern Herschel wies er die Bewegung des Sonnensystems durch den Weltraum nach.

Problem der drei Körper wird die Aufgabe genannt, die Bahnen von drei sich gegenseitig anziehenden, nahe gleich massigen Körpern zu bestimmen, denen eine mässige seitwärts gerichtete Bewegung mitgetheilt worden ist. Diese Aufgabe lässt sich nach dem gegenwärtigen Zustande der Wissenschaft allgemein durchaus noch nicht lösen; sie ist auch in dieser Allgemeinheit an die Astronomen practisch noch nicht herangetreten, indem der Fall, dass drei Körper nahe gleiche Masse besitzen, im Sonnensystem in keiner Weise vorliegt. Hier ist nämlich nur ein an Masse weitaus überwiegender Körper, und unter diesen Verhältnissen lässt das Problem der Bahnbestimmung mit Rücksicht auf die gegenseitigen Anziehungen gewisse Beschränkungen zu, welche es ermöglichen, eine befriedigende Lösung zu geben.

Ptolemäus, der berühmteste Astronom des Alterthums, lebte um 130 vor Chr. zu Alexandrien. Er stützte auf eigne, hauptsächlich aber auf Hipparch's Beobachtungen das nach ihm benannte (falsche) Planetensystem. Sein Werk „Syntaxis mathematica", bekannt unter dem Arabischen Namen Almagest, galt fast anderthalb Jahrtausende hindurch als das Hauptlehrbuch der Astronomie.

Pythagoras, geb. gegen 580 vor Chr. auf der Insel Samos, gest. gegen 500 vor Chr. zu Megapontum, der Stifter der berühmten philosophischen Schule zu Kroton in Unteritalien, entdeckte den nach ihm benannten mathematischen Lehrsatz.

Quadrant, astronomischer, nennt man einen in Grade etc. eingetheilten Viertelkreis, der dazu dient, die Höhen der Gestirne über dem Horizonte zu bestimmen. Tycho Brahe scheint der Erste gewesen zu sein, welcher den Quadranten bei seinen Beobachtungen anwandte. Grössere Instrumente dieser Art, welche in der Ebene des Meridians an einer Mauer befestigt wurden, führten eben daher den Namen Mauerquadrant. Inzwischen gewähren diese Instrumente, selbst wenn man sie in den grössten Dimensionen ausführt, bei Weitem nicht diejenige Genauigkeit, welche Vollkreise von mässiger Grösse zu geben im Stande sind, weshalb auch heute der Quadrant von allen Sternwarten längst verschwunden ist.

Quadratur, Geviertschein, nennt man diejenige Stellung zweier Gestirne, in welcher ihre Längen für ein Auge im Erdmittelpunkte um 90° von einander verschieden erscheinen. Das astronomische Zeichen der Quadratur ist □. Vergl. Aspecten. Zur Zeit, wenn der Erd-

mond in Quadratur mit der Sonne steht, bildet die innere Gränze, welche den erleuchteten von dem dunklen Theile trennt, eine gerade Linie, er ist halb erleuchtet. Die beiden Quadraturen des Mondes treten etwa 7 Tage nach dem Neumonde (erstes Viertel), und 7 Tage nach dem Vollmonde (letztes Viertel) ein.

Quetelet, Lambert Adolph Jacques, geb. am 22. Februar 1796 zu Gent, war von 1814 bis 1819 Professor der Mathematik am College royale zu Gent, wurde 1828 Director der in Brüssel neuerbauten Sternwarte und 1836 Professor der Astronomie und Geodäsie an der dortigen Militairschule. Quetelet hat sich weniger durch astronomische Arbeiten, als durch magnetische und phänologische Beobachtungen, sowie durch seine Untersuchungen in der „socialen Physik" einen berühmten Namen erworben.

Radius vector nennt man bei den Centralbewegungen die gerade Linie vom bewegten Körper zum Anziehungspunkte. Bei der Kreisbewegung ist natürlich der Radius vector constant und gleich dem Abstande des umlaufenden Körpers von seinem Centralkörper. Bei der elliptischen Bewegung dagegen verändert sich die Länge des Radius vectors mit dem Abstande des Planeten von seinem Perihel, wo sie am geringsten ist. Nennt man a die mittlere Entfernung eines Planeten, E seine excentrische Anomalie und ε die Excentricität seiner Bahn, so ergiebt sich r aus der Formel

$$r = a\ (1 - \varepsilon \cdot \cos E).$$

Fällt man von dem Orte eines Planeten in seiner Bahn eine Senkrechte auf die Ebene der Ekliptik und zieht von dem Punkte, wo sie diese letztere trifft, eine Gerade zur Sonne, so nennt man diese den reducirten Radius vector oder die curtirte Distanz.

Raumdurchdringende Kraft eines Fernrohrs nennt W. Herschel das Vermögen eines Telescops, Himmelskörper aus Tiefen des Raumes dem Auge sichtbar zu machen, bis wohin der gewöhnliche Blick nicht zu dringen vermag. Die raumdurchdringenden Kräfte zweier Fernrohre verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus ihren Lichtstärken. Nennt man a die freie Oeffnung des Spiegels oder Objectivs, b die Oeffnung der Pupille des menschlichen Auges, die nach Herschel 0,2 Engl. Zoll beträgt und μ einen Coefficienten, der das Verhältniss zwischen der Lichtmenge, welche auf das Objectiv fällt, und jener, die beim Oculare herauskommt, ausdrückt, so hat man für die raumdurchdringende Kraft p den Ausdruck:

$$p = \frac{a}{b} \cdot \sqrt{\mu}.$$

Die Vergrösserung hat keinen Einfluss auf den Werth von p, doch bemerkt Herschel, dass das Telescop nur dann seine ganze optische Kraft äussert, wenn die Vergrösserung mindestens $= \frac{a}{b}$ sei. Für ein Objectiv von 14 Zoll Oeffnung ist daher die kleinste noch

mit vollem Erfolge anwendbare Vergrösserung $= \frac{14}{0,2}$ oder = 70fach. Setzt man die raumdurchdringende Kraft des unbewaffneten Auges = 1, so hat Herschel für seine verschiedenen Telescope die raumdurchdringende Kräften wie folgt bestimmt:

7füssiges	Telescop			20,25
10	„	„		28,67
20	„	„		61,18
20	„	„	(Front view)	75,08
25	„	„		95,85
40	„	„		191,69

Rechtläufig wird die Bewegung eines Planeten, Satelliten oder Kometen genannt, wenn sie nach der Ordnung der himmlischen Zeichen stattfindet, wenn also die Längen mit den Zeiten wachsen. Die Planeten bewegen sich für ein Auge im Sonnenmittelpunkte stets rechtläufig, während die Kometen, von dort aus gesehen, auch rückläufig erscheinen. In Folge der eignen Bewegung der Erde erscheinen aber auch die Planeten für uns bisweilen rückläufig (und stationär).

Rectascension, s. Aufsteigung, gerade.

Reflector nennt man das Spiegeltelescop (im Gegensatze zu dem Refractor), weil bei diesem die Lichtstrahlen nicht gebrochen, sondern reflectirt werden.

Refraction, s. Strahlenbrechung, astronomische.

Regiomontanus, Johann, eigentlich Müller, geb. am 6. Juni 1436 zu Königsberg in Franken, gest. am 6. Juli 1476 zu Rom, studirte unter Peuerbach Astronomie und stellte zahlreiche Beobachtungen an, ging 1461 mit dem Cardinale Bessarion nach Italien, kehrte nach Deutschland zurück und beobachtete eifrig mit dem reichen Bernhard Walther in Nürnberg. Sixtus IV. rief ihn Behufs der Kalenderreform nach Rom, woselbst er an der Pest starb.

Reichenbach, Georg von, geb. am 24. August 1772 zu Durlach in Baden, gest. am 21. Mai 1826 zu München, der grösste mechanische Künstler seiner Zeit, dessen astronomische Instrumente den Stempel der höchsten Vollendung tragen, bereiste 1791—1793 England, wurde, nachdem er in Badischen und Bayerischen Diensten gestanden, 1808 zum Salinenrathe, 1820 zum Oberbergrathe ernannt. Schon um 1796 beschäftigte er sich mit Herstellung einer genauen Kreistheilmaschine, 1804 gründete er mit Liebherr und Utzschneider das mechanische Institut zu München, 1809 mit Fraunhofer und Utzschneider das optische Institut zu Benedictbeuren, doch schied er 1814 aus beiden aus und gründete mit Ertel eine neue ähnliche Anstalt.

Repetitionskreis, s. Multiplicationskreis.

Repsold, Johann Georg, geb. am 23. September 1771 zu Wremen in Hannover, gest. am 14. Januar 1830 zu Hamburg, von einstürzendem Mauerwerk erschlagen, als er bei einer Feuersbrunst Hülfe leisten wollte, berühmter Mechaniker und Verfertiger astronomischer Mess-

instrumente, die an Vollkommenheit mit den Reichenbach'schen den Vergleich bestehen.

Reslhuber, Augustin, geb. am 5. Juli 1808 zu Garsten bei Steyer, trat in den Orden der Benedictiner, war 1834—1847 Adjunct der Sternwarte in Kremsmünster und seitdem Director derselben. Seine Arbeiten erstrecken sich auf astronomische, physikalische und meteorologische Gegenstände.

Retrograd, s. rückläufig.

Revolution nennt man in der Astronomie bisweilen die Umlaufsbewegung eines Gestirns um seinen Centralkörper.

Rhaeticus, Georg Joachim, geb. am 15. Februar 1514 zu Feldkirch in Vorarlberg, gest. am 4. December 1576 zu Kaschau in Ungarn, studirte in Zürich Mathematik, war 1537 Professor an der dortigen Universität, begab sich 1539 zu Copernicus, um denselben bei Ausarbeitung seines berühmten Werks zu unterstützen und ging dann nach Ungarn. Seine Tafeln der trigonometrischen Functionen von 10 zu 10 Secunden waren ein für die damalige Zeit höchst bedeutendes Werk.

Rheita, Anton Maria Schyrläus de, geb. 1597 in Böhmen, gest. 1660 zu Ravenna, Capuziner, der Erfinder des terrestrischen Fernrohrs, das er in seinem Buche „Oculus Enoch et Eliae" (1645) beschrieb.

Riccioli, Giovanni Battista, geb. am 17. April 1598 zu Ferrara, gest. am 25. Juni 1671 zu Bologna, Jesuit und Lehrer der Astronomie am Ordenscollegium zu Bologna, genoss seiner Zeit in der astronomischen Welt das höchste Ansehen, obgleich seine Arbeiten nur unbedeutend sind.

Richer, Jean, machte im Auftrage der Pariser Academie 1671 bis 1673 eine astronomische Reise nach Cayenne, wo er zuerst die Abnahme der Schwere gegen den Aequator hin aus dem Gange seiner Uhr mit Sicherheit constatiren konnte. Er starb im Jahre 1696 zu Paris.

Ringkugel, s. Armillarsphäre.

Roberval, Giles Persone de, geb. am 8. August 1602 zu Roberval bei Beauvais, gest. am 27. October 1675 zu Paris als Professor der Mathematik am dortigen Collège royale. Er sah zuerst die elliptische Form der Saturnansen als eine Projection eines kreisförmigen Ringes an, der den Planeten umgiebt.

Römer, Olof, geb. am 25. September 1644 zu Aarhuus, gest. am 19. September 1710 zu Kopenhagen, lebte bis 1781 als Mitglied der Akademie in Paris, ging dann als Professor der Mathematik 1705 nach Kopenhagen, wo er zu den höchsten Ehrenstellen emporstieg. Römer ist der Entdecker der successiven Fortpflanzung des Lichtes (1675) durch Beobachtungen der Finsternisse der Jupitersmonde; er gebrauchte ferner zuerst das Mittagsrohr. Leider sind seine ausgezeichneten Beobachtungen fast alle bei einem Brande zu Grunde gegangen.

Rosse, William Parsons Graf von, bis zum Tode seines Vaters den Namen Lord Oxmanotwn führend, geb. am 17. Juni 1800 zu Irland, gest. am 31. October 1867 zu Monkstown in Irland stellte aus edler Be-

geisterung für die Sternkunde einen Reflector mit 3füssigem Spiegel und hierauf ein Rieseninstrument von 6 Fuss Spiegeldurchmesser und 54 (Engl.) Fuss Brennweite her, dessen Herstellungskosten sich auf 80,000 Thaler beziffern. Dieses Instrument ist das mächtigste aller bis jetzt gebauten Telescope und übertrifft Herschel's berühmte Reflectoren in demselben Verhältnisse, wie diese den gleichzeitigen Instrumenten überlegen waren.

Rotation, Axendrehung, bezeichnet die Bewegungen eines Planeten um seine Axe. Diese Umdrehungen geschehen in unserm Planetensystem sämmtlich in der nämlichen Richtung, von West nach Osten. Ihre Existenz bei den Planeten lässt sich aus Beobachtungen mit Sicherheit nur in der Bewegung von Flecken auf der Scheibe des Planeten nachweisen.

Rückläufig, retrograd, nennt man diejenigen Bewegungen im Sonnensystem, welche gegen die Ordnung der himmlischen Zeichen vor sich gehen. Man muss zwischen scheinbarer und wahrer rückläufiger Bewegung unterscheiden. So zeigen z. B. die oberen Planeten zur Zeit ihrer Opposition, und die untern zur Zeit ihrer untern Conjunction eine rückläufige Bewegung; dieselbe ist jedoch nur scheinbar und wird veranlasst durch die Bewegung der Erde. Von der Sonne aus gesehen, sind die Bewegungen des Planeten stets rechtläufig.

Rothmann, Christoph, war von 1577 an Astronom des Landgrafen Wilhelm von Hessen und beobachtete auch (um 1590) eine Zeit lang mit Tycho auf der Insel Hveen. Rothmann war einer der ersten Anhänger der Lehre des Copernicus.

Rümker, Carl Ludwig Christian, geb. am 28. Mai 1788 zu Stargard in Mecklenburg, gest. am 21. December 1862 zu Lissabon, trat 1807 als Officier in Englische Dienste, wurde 1819 Director der Navigationsschule in Hamburg, ging dann nach Australien und war dort bis 1830 als Astronom an der Sternwarte zu Paramatta thätig. In diesem Jahre kehrte er zurück, wurde Director der Sternwarte in Hamburg, musste diese Stellung jedoch später aus Gesundheitsrücksichten niederlegen und ging nach Lissabon. Rümker's hauptsächlichste Arbeiten beziehen sich auf die Bestimmung von Fixsternörtern der beiden Himmelshemisphären.

Rümker, Georg Friedrich Wilhelm, Sohn des Vorhergehenden, geb. am 31. December 1832 zu Hamburg, 1853—1856 Observator an der Sternwarte zu Durham, seitdem an dem Hamburger Observatorium thätig, hat viele Beobachtungen und Berechnungen von Planeten und Kometen veröffentlicht.

Sabine, Edward, geb. am 14. October 1788 zu Dublin, begleitete 1818 J. Ross auf einer Expedition in das nördliche Polarmeer, unternahm dann 1822 im Auftrage der brittischen Regierung eine grosse Expedition zur Bestimmung der Pendellänge an verschiedenen Punkten längs des ganzen Atlantischen Oceans. Sabine's Thätigkeit zur Erforschung der Componenten des Erdmagnetismus an möglichst vielen Punkten der Erdoberfläche ist eine grosse und erfolgreiche gewesen.

Saeculare Variationen der Planetenbahnen nennt man diejenigen Veränderungen der Bahnelemente der Planeten, welche in Folge des gegenseitigen, störenden Einflusses, den sämmtliche Himmelskörper aufeinander ausüben, stattfinden. Das Nähere hierüber findet sich in dem Artikel „Störungen"; die Grösse der Veränderungen ist für die einzelnen Planeten unter deren Bahnelementen angegeben.

Santini, Giovanni, geb. am 30. Januar 1786 zu Caprese in Italien, widmete sich dem geistlichen Stande, wurde 1813 Professor an der Universität und Director der Sternwarte zu Padua; seine astronomischen Arbeiten betreffen zum grossen Theile Kometen.

Saros wird die den Babyloniern bereits bekannte Periode von $6585\frac{1}{2}$ Tagen genannt, innerhalb deren 223 synodische Monate stattfinden und nach deren Ablauf die Finsternisse der Sonne und des Mondes nahe in derselben Reihenfolge wiederkehren.

Satelliten, Trabanten, Nebenplaneten, Monde, werden die Begleiter gewisser Hauptplaneten unseres Sonnensystems genannt, welche sich um diese und gleichzeitig mit ihnen um die Sonne bewegen. Man sehe Nebenplaneten.

Saturn heisst in der Reihenfolge von der Sonne der sechste der alten Hauptplaneten, der an Grösse nur dem Jupiter nachsteht. Sein astronomisches Zeichen ist ♄. Die Elemente seiner Bahn für das Jahr 1800 sind:

Mittlere Distanz von der Sonne 9,538852 Erdentfernungen von der Sonne oder 190 Mill. Meilen. Siderische Umlaufszeit: 10759,21982 Tage; tropische Umlaufszeit: 10746,93 Tage, synodische: 378,1 Tage.

Länge des Perihels: $89^\circ\ 7'\ 45''$; Länge des aufsteigenden Knotens: $111^\circ\ 56'\ 16''$; Neigung der Bahn gegen die Ekliptik: $2^\circ\ 29'\ 37''$; Excentricität: 0,056156. Letztere vermindert sich in 100 Jahren um 0,000269; die Bahnneigung nimmt in derselben Zeit ab um 13,5″, das Perihel rückt tropisch um $1^\circ\ 51'\ 51{,}6''$ vor, und die Länge des aufsteigenden Knotens nimmt tropisch in 100 Jahren $30'\ 35{,}6''$ zu.

Saturn glänzt am Himmel als Stern 1. Grösse, doch steht seine Helligkeit derjenigen des Jupiter stets um mehr als das 10fache nach.

Bessel's Messungen ergaben den Aequatorealdurchmesser Saturns zu 17,053″, den Polardurchmesser zu 15,381″, die Abplattung zu $\frac{1}{10{,}2}$. Aus diesen Winkelwerthen folgen die wahren Durchmesser zu 15680 und 14140 Meilen. Nach Bessel's Bestimmungen beträgt die Masse des Saturn $\frac{1}{3501{,}6}$ der Sonnenmasse. Schon Cassini erkannte 1683 eine Vielzahl dunkler Streifen auf der Scheibe dieses Planeten, allein erst Herschel gelang es in den Jahren 1793 und 1794 in diesen Streifen knotenartige Verdichtungen zu entdecken und aus den Bewegungen derselben eine Rotationsdauer von 10 Stunden $29\frac{3}{10}$ Minuten abzuleiten. Diese Streifen und Flecken sind sehr wahrscheinlich Analoga unserer Wolken; überhaupt kann Saturn etwas unserem Wasser

Aehnliches an seiner Oberfläche nicht besitzen, da seine durchschnittliche Dichte $1/_{7}$ von jener der Erde, also geringer als diejenige des Wassers ist. Saturn ist von einer dichten Atmosphäre umgeben, welche bewirkt, dass das Spectrum dieses Planeten im Roth einen intensiv schwarzen Streifen zeigt. Etwas Analoges zeigt auch das Spectrum des Jupiter, so dass die beiden grössten Planeten unseres Sonnensystems bezüglich ihrer Atmosphären eine gewisse Uebereinstimmung besitzen.

Der Saturnsäquator ist 26° 49′ gegen die Bahnebene des Planeten geneigt, der Unterschied der Jahreszeiten (deren jede 7 Erdenjahre dauert) muss also dort ein ziemlich beträchtlicher sein, trotzdem dieser Planet in der Sonnennähe um $1/_{81}$, in der Sonnenferne bloss $1/_{101}$ des Lichtes und der Wärme empfängt, welche die Sonne der Erde zusendet.

Die grösste Merkwürdigkeit, welche der Planet Saturn darbietet, bildet das System flacher Ringe, welches ihn, über seinem Aequator freischwebend, umgiebt. Diese Ringe erschienen 1610 in Galilei's unvollkommenem Fernrohre als zwei den Saturn berührende Sterne; erst Huyghens kam 1659 auf die richtige Vorstellung. William Ball 1665 und 10 Jahre später Cassini erkannten, dass der Ring durch eine dunkle Linie in zwei getrennt ist, und Herschel bestätigte dies später, indem er die Trennungsspalte auch auf der entgegengesetzten Ringfläche beobachtete. Nach Struve's Messungen beträgt der äusserste Durchmesser des Ringsystems 36,870 Meilen, der innere 24,520 Meilen, die Breite also 6175 Meilen. Die innerste Ringkante steht demnach von dem nächsten Theile der Oberfläche des Planeten 4420 Meilen entfernt, oder, wenn man beachtet, dass (wie 1684 Gallet und 1827 Schwabe bemerkten) der Mittelpunkt des Ringsystems nicht mit dem Centrum des Saturn zusammenfällt, 4240 Meilen entfernt. Die Breite der Cassini'schen Trennungsspalte beträgt 380 Meilen. Ausser dieser Trennung hat man im Laufe der Zeit noch mehrere Trennungen, besonders auf dem äussersten Ringe, bemerkt, doch scheinen diese Trennungen nicht von Dauer zu sein, und die schon lange von Peirce verfochtene Meinung zu begünstigen, dass die Saturnsringe aus einer dem Wasser an Verschiebbarkeit der einzelnen Theile vergleichbaren Materie bestehen. Im November 1850 hat Bond zwischen dem äussern Ringsystem und der Planetenoberfläche noch einen schwachen, fast durchsichtigen Ring entdeckt, dessen Breite 1,5″ beträgt und der demnach kaum etwa 100 Meilen von der Planetenoberfläche entfernt ist.

Wenn die Erde sich in der Ebene des Ringsystems befindet, und ferner, wenn die erweiterte Ringebene durch die Sonne geht, verschwindet der Ring wegen seiner ungemein geringen Dicke für fast alle Fernrohre; doch gelang es 1789 Herschel, ihn auch in dieser Stellung fortwährend als ungemein feine Linie zu erkennen. Derselbe grosse Beobachter hat auch auf dem Ringe bergartige Unregelmässigkeiten wahrgenommen, und aus dem Bezug auf eine Rotation des Ringsystems von $10^h\,35\,1/_{4}{}^m$ geschlossen. Die Masse des Ringsystems hat Bessel aus den Störungen, welche dasselbe auf die Bewegung des

sechsten Satelliten ausübt, zu $\frac{1}{118}$ der Saturnsmasse bestimmt. Nimmt man an, dass die mittlere Dichte der Ringe jener des Planeten gleich ist, so folgt aus seiner Grösse und seiner Masse die Dicke oder die Breite der Ringkante zu 30 Meilen, was einem Winkelwerthe von 0,03″ entspricht. Man begreift daher leicht, dass der Ring zu gewissen Zeiten für den Anblick von der Erde aus unsichtbar sein wird.

Nach Bessels Bestimmungen ist die Ebene der Ringe 28° 10′ 20″ (für 1870) gegen die Ebene der Erdbahn geneigt die Ringe zeigen sich daher der Erde als Ellipsen von verschiedener Excentricität je nach der Stellung des Saturn. Nennt man a die halbe grosse, b die halbe kleine Axe dieser Ellipse, Ω die Länge des aufsteigenden Knotens des Ringes und n seine Neigung gegen die Ekliptik, ferner λ die geocentrische Länge, und β die Breite des Saturn, sowie l und b seine heliocentrische Länge und Breite, so hat man für die Gestalt des Ringes beim Anblicke von der Erde:

$$\frac{b}{a} = \sin n \cos\beta \sin(\Omega - \lambda) + \sin\beta \cos n.$$

Ist $\frac{b}{a}$ negativ, so kehrt der Ring seine Nordseite der Erde zu.

Für den Anblick von der Sonne aus hat man:

$$\frac{b'}{a'} = \sin n \cos b \sin(\Omega - \lambda) + \sin b \cos n,$$

wo $\frac{b'}{a'}$ negativ wird, wenn die Sonne die Nordseite des Ringes bescheint.

Der aufsteigende Knoten des Ringes auf der Ekliptik liegt in 167° 45′ 1,8″ mit einer jährlichen Zunahme von 46,5″.

Saussure, Horace Benedict de, geb. am 17. Februar 1740 zu Conches bei Genf, gest. am 22. Januar 1799 zu Genf, berühmter Physiker, war von 1762 bis 1786 Professor der Philosophie an der Akademie zu Genf, bereiste von 1758 bis 1779 einen grossen Theil von Europa und untersuchte besonders die Alpen genau in geologischer und meteorologischer Beziehung. Ein specielleres Eingehen auf seine zahlreichen Arbeiten gehört nicht hierhin.

Scaliger, Joseph Justus, geb. am 5. August 1540 zu Agen, gest. am 21. Januar 1609 zu Leyden, wo er seit 1593 Professor der schönen Wissenschaften war, machte sich um die Kalenderrechnung und Chronologie vielfach verdient.

Schaltjahr, s. Jahr und Kalender.

Schalttag, s. desgl.

Schatten bezeichnet den Mangel oder die Beraubung des Lichtes. Jeder undurchsichtige und beleuchtete Körper wirft hinter sich einen Schatten da, wo kein Strahl des leuchtenden Körpers hingelangt. Die Gestalt des Schattens hängt gleichzeitig ab von der Gestalt und Entfernung des leuchtenden und des beleuchteten Körpers. In der Astronomie werden im Allgemeinen nur kugelförmige Körper von kugelförmigen Körpern erleuchtet; die Schattenverhältnisse reduciren sich

hierdurch auf einfache Fälle. Sei in untenstehender Fig. 49. ab ein leuchtender, de ein erleuchteter Körper, so ist dc′eg ein Durchschnitt des kegelförmigen Schattens, indem derselbe alle diejenigen Theilchen des Raumes enthält, wohin kein Strahl des leuchtenden Körpers dringt. Nennt man den Radius der leuchtenden Kugel R, der beleuchteten r, die Länge c′g des Schattens l und den Abstand der Mittelpunkte beider Kugeln d, so ergiebt sich

$$l = \frac{rd}{R - r}.$$

Den Kernschatten umgiebt concentrisch der sogenannte Halbschatten (s. d.) dessen Durchschnitt in der Fig. 49 durch die Fläche fdgeh bezeichnet ist und dessen Spitze in k liegt.

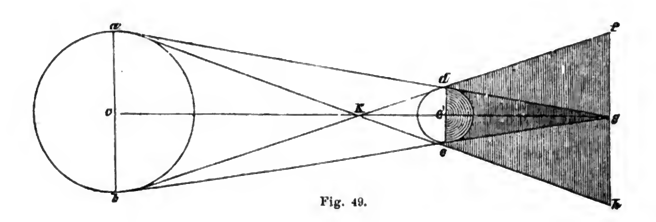


Fig. 49.

Der Schatten, den ein senkrechter Körper auf einer horizontalen Ebene erzeugt, wird der gerade Schatten genannt. Sei ab ein senkrecht stehender Körper, der von der Sonne beschienen, den Schatten bc hinter sich wirft, so ist

$$ab = bc \cdot \text{tang} \measuredangle acb.$$

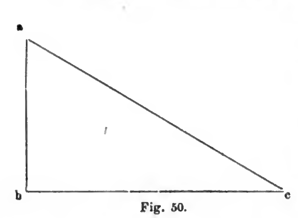


Fig. 50.

Hieraus ergiebt sich eine einfache Methode, die Höhe von Gegenständen aus der Länge ihrer Schatten zu bestimmen, indem man diese Länge misst und sie mit der Tangente der Sonnenhöhe zu der betreffenden Zeit multiplicirt. Die Alten haben vielfach den umgekehrten Weg eingeschlagen und aus der Höhe eines Gegenstandes (Gnomon) und seiner Schattenlänge die Höhe der Sonne über dem Horizonte abgeleitet. Diese letztere ist nämlich gleich $\measuredangle acb$ in Fig. 50, und

$$\text{tang} \measuredangle acb = \frac{ab}{bc}$$

Dass auf diesem Wege keine sehr scharfen Resultate zu erlangen sind, ist klar.

Scheiner, Christoph, geb. 1575 zu Walda in Schwaben, gest. am 18. Juli 1650 zu Neisse, trat in den Orden der Jesuiten, ward Professor zu Freiburg, dann zu Ingolstadt, woselbst er im März 1611 die Sonnenflecke beobachtete. Von Ingolstadt ging er nach Rom und von da wieder nach Deutschland, wo er in Neisse Rector des Jesuiten-Collegiums wurde. Scheiner war ein aufmerksamer Beobachter und vielseitig gebildeter Mann.

Scheitelabstand, s. Zenithabstand.

Scheitelkreis, Verticalkreis, nennt man jeden grössten Kreis der Himmelssphäre, welcher durch das Zenith und den Nadir eines Beobachters geht. Derselbe steht auf dem Horizonte senkrecht und schneidet diesen in zwei um 180° von einander entfernten Punkten.

Scheitellinie, Verticale, lothrechte Linie, die durch Zenith und Nadir gehende Gerade, welche also als Axe des Horizonts betrachtet werden kann. Die Richtung der Scheitellinie wird durch die Richtung des Bleilothes angezeigt, sie steht senkrecht auf der Oberfläche des ruhigen Wassers. Abweichungen von der Verticalen zeigt das herabhängende Bleiloth in der Nähe grosser Bergmassen, indem diese eine seitliche Ablenkung hervorrufen. Dieselbe ist jedoch stets ungemein gering, und nur aus den feinsten Beobachtungen zu erkennen.

Scheitelpunkt, s. Zenith.

Schiefe Aufsteigung, s. Aufsteigung, schiefe.

Schiefe der Ekliptik wird der Winkel genannt, welchen die Ebene der Ekliptik mit der Ebene des Aequators bildet. Derselbe beträgt (für 1800) 23° 27′ 54,45″, und nimmt in jedem Jahre um 0,45″ ab. Näheres siehe in den Art. Ekliptik und Erde.

Schmidt, Johann Friedrich Julius, hervorragender Astronom, geb. am 26. October 1825 zu Eutin, war von 1842 bis 1858 auf den Sternwarten zu Hamburg, Bilk, Bonn und Olmütz thätig und ist seitdem Director der Sternwarte in Athen. Seine hauptsächlichste Thätigkeit wendet dieser talentvolle Astronom der Erforschung der Mondoberfläche, der Beobachtung des Lichtwechsels veränderlicher Sterne, deren er viele neue auffand, und den Sternschnuppen zu.

Schönfeld, Eduard, geb. am 22. December 1828 zu Hildburghausen, wurde Observator an der Bonner Sternwarte und 1859 Director der Sternwarte in Mannheim. Seine hauptsächlichsten Beobachtungen beziehen sich auf veränderliche Sterne und Nebelflecke.

Schrauben-Micrometer, s. Micrometer.

Schreibers, Karl Franz Anton von, geb. am 15. August 1775 zu Pressburg, gest. am 21. Mai 1852 zu Wien, war practischer Arzt, wurde indess 1806 zum Director des vereinigten Hofnaturaliencabinets ernannt. Er machte sich besonders um die genauere Kenntniss der mineralogischen Zusammensetzung der Meteorsteine verdient.

Schröter, Johann Hieronymus, geb. am 30. August 1745 zu Erfurt, gest. am 29. August 1816 ebenda, wandte sich dem Studium der

Rechtswissenschaften zu und wurde 1778 Oberamtmann zu Lilienthal bei Bremen, wo er sich eine Privatsternwarte errichtete und diese mit grossen Reflectoren versah. Seine Beobachtungen betreffen meistentheils den Mond, doch untersuchte er auch die Sonne und die Planeten; das Meiste von seinen Arbeiten ist gegenwärtig veraltet.

Schubert, Ernst, geb. am 20. October 1813 zu Gleiwitz in Schlesien, arbeitete 1843 bis 1849 auf den Sternwarten zu Breslau und Berlin und ist seitdem als Rechner am Nautical Almanac zu Cambridge bei Boston thätig.

Schumacher, Heinrich Christian, geb. am 3. September 1780 zu Bramstedt in Holstein, gest. am 28. December 1850 zu Altona, studirte Anfangs in Göttingen Jurisprudenz, wurde 1810 als ausserordentlicher Professor nach Kopenhagen berufen, leitete 1813—1815 die Sternwarte zu Mannheim und wurde dann zum ordentlichen Professor der Astronomie an der Universität zu Kopenhagen ernannt, doch wohnte er meist in Altona, wo der König von Dänemark ihm eine schöne Sternwarte errichten liess.

Schwabe, Samuel Heinrich, Apotheker und Hofrath in Dessau, geb. am 25. October 1789 zu Dessau, eifriger astronomischer Beobachter, der mittels seines sechsfüssigen Refractors die excentrische Stellung des Saturn gegen seine Ringe entdeckte und zuerst eine 11jährige Periode in der Häufigkeit der Sonnenflecke mit Evidenz nachwies.

Schwanken des Mondes, s. Libration.

Schwere, allgemeine, s. Gravitation.

Schwerpunkt wird derjenige Punkt einer Linie, einer Fläche oder eines Körpers genannt, welcher sich der Schwere gegenüber so verhält, als wenn die ganze Masse der Linie, der Fläche oder des Körpers in ihm vereinigt wäre. Sobald der Schwerpunkt eines Körpers unterstützt wird, findet Gleichgewicht statt. Bei einer geraden Linie liegt der Schwerpunkt in der Mitte ihrer Länge, bei einer Kreislinie in deren Mittelpunkt, bei einem Dreiecke in dem Durchschnittspunkte zweier Linien, welche von zwei Spitzen nach den Mitten der gegenüberliegenden Seiten gezogen werden, bei einem Parallelogramm im Durchschnittspunkte der beiden Diagonalen, bei einer Kreisebene in deren Mittelpunkte, bei einer Kugelzone in der Axe in der Mitte ihrer Höhe, bei einem Cylinder mit parallelen Grundflächen in der Mitte der Axe, bei einer Kugeloberfläche und einer Kugel in deren Centrum. Da die Weltkörper von der Gestalt einer Kugel nur unbedeutend abweichen, so kann im Allgemeinen ihr Schwerpunkt als mit ihrem Mittelpunkte zusammenfallend angenommen werden.

Betrachtet man ein System von zwei Weltkörpern, z. B. unsere Erde sammt dem Monde, so liegt der Schwerpunkt dieses Systems auf der geraden Linie, welche die Mittelpunkte beider Weltkörper mit einander verbindet, in einer Entfernung von jedem dieser Mittelpunkte, welche den entsprechenden Massen umgekehrt proportional ist. Das

ganze System verhält sich dabei so, als wenn die beiden Massen in diesem Schwerpunkte vereinigt wären. Die Masse des Mondes beträgt $^1/_{80}$ der Erdmasse. Theilt man die Mondentfernung daher in 81 Theile, so liegt der gemeinsame Schwerpunkt in der Entfernung von 80 dieser Theile vom Monde und von 1 Theil von der Erde, er fällt also im Allgemeinen nach in den Erdkörper hinein, und um ihn bewegen sich Erde und Mond. Analog verhält es sich mit dem Sonnensysteme, auch hier bewegen sich die Planeten nicht sowohl um das Sonnencentrum, als vielmehr um den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Sonne und der Planeten, und dieser fällt sogar meistentheils ganz ausserhalb des Sonnenkörpers.

Schwungkraft, Centrifugalkraft, Tangentialkraft, Fliehkraft, nennt man das bei der Centralbewegung (beim Umschwunge) auftretende Bestreben des umlaufenden Körpers, sich nach der Tangente seiner Bewegungsrichtung, von dem Bewegungsmittelpunkte zu entfernen. Je rascher die Bewegung eines Körpers in seiner krummlinigten Bahn ist, um so grösser ist seine Schwungkraft. Vergl. d. Art. Centralbewegung. Nennt man r den Halbmesser des von einem Körper k um einen Bewegungsmittelpunkt c beschriebenen Kreises, t seine Umlaufszeit in Secunden, so ist der Weg h den der Körper in Folge der Schwungkraft, indem er sich von c entfernte, in einer Secunde zurücklegen würde:

$$h = 19{,}739209 \frac{r}{t^2}.$$

Berechnet man hiernach die Grösse der Schwungkraft unter dem Aequator der Erde, so hat man r = 859,4 Meilen à 7420 Meter, t = 86164 Secunden, d. h. gleich der Zahl der Secunden des Sterntages in mittlerer Sonnenzeit anzunehmen, und findet dann leicht h = 0,01696 Meter oder = 0,0522 Pariser Fuss. Um diese Grösse wird demnach der Weg, den ein freifallender Körper in der ersten Fallsecunde durchläuft, verringert. Nun beträgt der Fallraum zu Paris in der ersten Secunde 15,1 Pariser Fuss. Die Verminderung der Schwere durch die Schwungkraft am Aequator ist also $\frac{1}{289}$ der Schwere zu Paris. Nördlich und südlich vom Aequator ist diese Verminderung durch die Schwungkraft geringer, weil die Halbmesser r der Kreise, welche die dort befindlichen Theilchen der Erdoberfläche täglich beschreiben, kleiner sind. Die Schwere wird durch die Schwungkraft hier nach dem Verhältniss des Quadrats des Cosinus der Breite vermindert. So ist z. B. der Cosinus von $50^0 = 0{,}643$, das Quadrat hiervon $= 0{,}413$, demnach beträgt die Verminderung der Schwere durch die Schwungkraft für alle Orte unter 60^0 nördlicher oder südlicher Breite: $0{,}413 \times \frac{1}{289} = \frac{1}{700}$. Unter den Polen ist natürlich die Verminderung der Schwere durch die Schwungkraft gleich Null, weil hier r zu Null wird.

Secchi, Angelo, einer der berühmtesten Astronomen der Gegenwart, geb. am 29. Juni 1818 zu Reggio in der Lombardei, trat in den Jesuitenorden, ward Professor der Mathematik und Physik am Georgetown College bei Washington, dann Director der Sternwarte des Collegio Romano in Rom. Die Untersuchungen Secchi's erstrecken sich, begünstigt von dem ausgezeichneten Himmel Rom's und der Kraft der dortigen grossen Fernrohre, über alle Theile der beobachtenden Astronomie; neuerdings ist es besonders die Spectralanalyse der Sonne und der Fixsterne, mit der sich Secchi sehr erfolgreich beschäftigte. Ausserdem hat er wichtige meteorologische und magnetische Untersuchungen angestellt.

Sector, s. Zenithsector.

Secunde nennt man den sechzigsten Theil der Minute, und zwar sowohl der Zeit- als der Bogenminute. Man theilt den Kreis in 360^0 à 60 Minuten à 60 Secunden, folglich ist eine Bogensecunde $= \frac{1}{1296000}$ des Kreisumfanges. Der Tag wird in 24 Stunden à 60 Minuten à 60 Secunden eingetheilt; eine Zeitsecunde ist daher $\frac{1}{86400}$ der Tagesdauer.

Secundenpendel, s. Pendel.

Sehewinkel, Gesichtswinkel, nennt man den Winkel, welchen die beiden von den Endpunkten eines Gegenstandes nach dem Auge des Beobachters gezogenen Linien hier einschliessen. Sind die wahren Grössen zweier Gegenstände gleich, so verhalten sich die Tangenten der Sehewinkel umgekehrt wie die Entfernungen. Bei kleinen Winkeln kann man ohne merklichen Fehler statt der Tangenten das Verhältniss der Winkel selbst nehmen. Bei verschieden grossen und entfernten Gegenständen stehen die Tangenten der Sehewinkel im directen Verhältnisse der wahren Grössen, und im umgekehrten Verhätnisse der Entfernungen.

Nennt man den Sehewinkel a, die Entfernung eines Gegenstandes d, seine wahre Grösse g, so hat man

$$\text{tang}\,a = \frac{g}{d};\quad g = d \cdot \text{tang}\,a;\quad d = g \cdot \text{cotang}\,a.$$

Die Formeln geben das Dritte der drei Stücke: Sehewinkel, Grösse, Entfernung, wenn zwei derselben bekannt sind.

Sehungsbogen eines Gestirnes heisst die geringste Tiefe der Sonne unter dem Horizonte, bei welcher einem Beobachter dieses Gestirn eben sichtbar wird. Dieser Sehungsbogen ist natürlich je nach der Schärfe des beobachtenden Auges verschieden. Der Sehungsbogen der kleinsten noch sichtbaren Sterne bezeichnet die Grenze der Dämmerung.

Seidel, Philipp Ludwig, geb. am 24. October 1821 zu Zweibrücken, seit 1847 Professor an der Universität zu München, beschäftigte sich viel mit optischen Untersuchungen, besonders mit photometrischen Bestimmungen mittels des Steinheil'schen Prismenphotometers.

Seleniten werden die angenommenen Bewohner des Mondes genannt.

Sextant oder Sextelkreis nennt man einen Sector von 60°, besonders aber den Hadley'schen Spiegelsextanten (s. d.).

Short, James, der grösste Optiker seiner Zeit, geb. am 10. Juni 1710 zu Edinburgh, gest. am 15. Juni 1768 zu Newington Butts bei London, studirte Anfangs Theologie, wandte sich aber dann der practischen Optik und Mechanik zu; auch als astronomischer Beobachter hat er sich ausgezeichnet.

Siderische Revolution bezeichnet die Zeitdauer, welche irgend ein Planet gebraucht, um wieder bis zum nämlichen Fixsterne zurückzukehren, sie bezeichnet also die wahre Umlaufsdauer.

Simms, William, geb. im December 1793 zu Birmingham, gest. am 21. Juni 1860 zu Carlshalton, berühmter Mechaniker und Associe von Troughton, lieferte ausgezeichnete Messinstrumente für die Greenwicher und Cambridger Sternwarte.

Smyth, Charles Piazzi, geb. am 3. Januar 1819 zu Neapel, wurde Director der Sternwarte zu Edinburgh und vollführte eine astronomische Expedition zum Pic von Teneriffa.

Snell van Roijen, Willebrord, bekannter unter dem Namen Snellius, geb. 1591 zu Leyden, gest. ebenda am 31. October 1626 als Professor der Mathematik an der dortigen Universität, entdeckte das wahre Refractionsgesetz, ohne jedoch seine Entdeckung zu veröffentlichen, die sich erst später in seinen hinterlassenen Manuscripten fand.

Solstitien, s. Sonnenwenden.

Sommer, eine der vier Jahreszeiten. Er beginnt in der nördlichen gemässigten Zone mit dem Eintritte der Sonne in das Zeichen des Krebses, am 21. Juni und endigt mit dem Eintritte der Sonne in das Zeichen der Wage am 23. September. Für die südliche Halbkugel beginnt der Sommer am 21. December und endigt am 20. März. Diese Bestimmungen beziehen sich natürlich nur auf den astronomischen Anfang und das astronomische Ende; meteorologisch betrachtet, geht der Sommer allmählich aus dem Frühling hervor und allmählich in den Herbst über.

Sommerpunkt, Sommersonnenwende, Sommersolstitium, ist (für die nördliche Erdhälfte) derjenige Punkt der Ekliptik, in welchem die Sonne ihre grösste nördliche Abweichung vom Aequator erreicht, er liegt im Anfange des Zeichens des Krebses, in 90° Länge und 90° Rectascension. Durch ihn geht, dem Aequator parallel, der Wendekreis des Krebses. Der Sommerpunkt der südlichen Hemisphäre liegt in 270° Länge oder 270° Rectascension, im Anfange des Zeichens des Steinbocks, durch ihn geht, dem Aequator parallel, der Wendekreis des Steinbocks und die Sonne erreichte ihn am 21. December.

Sommersonnenwende, s. Sonnenwende.

Sonne heisst der Fixstern, zu dessen System unsere Erde als Planet gehört; sie bildet den Bewegungsmittelpunkt für (nach unsern dermaligen Kenntnissen) 121 Hauptplaneten und unzählbare Kometen und Sternschnuppen. Die Sonne erleuchtet und erwärmt die zu ihrem

Systeme gehörigen Körper und zwar sendet sie, nach den Messungen von Pouillet und Herschel alljährlich so viel Wärme aus, um 2300 Millionen Schichten von Eis, deren jede 100 Fuss hoch den ganzen Erdball bedeckte, zu schmelzen. Trotzdem ist bis jetzt eine Abnahme der allbelebenden Sonnenwärme practisch aus den Beobachtungen in keinerlei Weise nachweisbar.

Die Entfernung des Sonnenmittelpunktes vom Centrum der Erde beträgt genau innerhalb der Grenzen der Unsicherheit dieses Resultats 20,000,000 Meilen. Die Bestimmung dieser Entfernung durch Beobachtung der Venusdurchgänge ist in ihren Principien in dem Artikel Durchgang dargelegt worden. Eine andere Methode diese Entfernung durch Beobachtung der Lichtgeschwindigkeit in kurzen Distanzen zu bestimmen, findet sich in dem Artikel Licht.

Der mittlere scheinbare Halbmesser der Sonne beträgt 16′ 0,5″, der wahre Sonnenhalbmesser in Meilen ist demnach 20,000,000 · tang 16′ 0,5″ = 93000, der Durchmesser also 186,000 geographische Meilen. In Folge der Excentricität der Erdbahn erscheint der Sonnendurchmesser veränderlich und zwar erreicht er im Maximum 32′ 34″ (zur Zeit unseres Winters), im Minimum dagegen 31′ 29″ (zur Zeit unseres Sommers). Die Sonne ist eine vollkommene Kugel, ihr kubischer Inhalt beträgt daher $\frac{4}{3}\pi r^3$, wo r der Halbmesser und π die Zahl 3,14159. Setzt man für r den obigen Werth 93,000, so findet sich der kubische Inhalt der Sonne gleich 33700,000000,000000 Kubikmeilen, er übertrifft demnach den kubischen Inhalt der Erde gegen 1¼ Millionen Mal. Die Masse der Sonne beträgt das 320,000fache der Erdmasse, die mittlere Dichte ist daher $\frac{320000}{1250000}$ oder nahe ¼ der Erddichte.

Die Sonne befindet sich den Planeten gegenüber in Ruhe, keineswegs aber in Beziehung auf die Fixsterne. Vielmehr bewegt sie sich unter diesen vorwärts und zwar nach einem Punkte des Himmels hin, der Argelander's Untersuchungen zufolge in 258° Rectascension und 29° nördlicher Declination sich befindet. Die Sonne ist also wiederum Glied eines Systems höherer Ordnung, dessen Schwerpunkt, wie Mädler glaubt, in den Plejaden liegt und das die gesammte uns sichtbare Fixsternwelt umfasst, während Struve und Peters nur an eine Mehrheit anderer beschränkter Systeme glauben.

Gleich den Planeten dreht sich die Sonne um ihre Axe. Die Ehre der Entdeckung dieser Rotationsbewegung, die man lange Galilei zugeschrieben, gebührt dem Ostfriesen J. Fabricius. Nach dem Zeugnisse des Erzbischofs Dini's und Giuchia's geht die erste Wahrnehmung Galilei's nicht über den Monat Mai 1611 hinaus. Damals zeigte der berühmte Physiker im Garten des Cardinals Bandini, nahe beim Quirinal in Rom, verschiedenen hochgestellten Persönlichkeiten die schwarzen Flecken auf der Sonnenoberfläche, aus deren Bewegung man die Umdrehung des Sonnenballs erkennt. Indess war ihm Fabricius zuvorgekommen, von dem ein Werk über die Sonnenflecke im Jahre

1611 erschien und dessen Beobachtungen bis zum Anfange dieses Jahres zurückgehen.

Was die scheinbaren Bewegungen der Sonnenflecke über die Scheibe der Sonne anbelangt, so sind diese von Ost nach West gerichtet und zwar gebrauchen die einzelnen Flecke 13 Tage, um von einem bis zum andern Sonnenrande zu gelangen. Die wahren Bahnen der Flecke sind natürlich Kreise; als solche erscheinen sie uns indess niemals. Gegen den 5. Juni, wenn die Sonne in den Zwillingen steht, erscheinen die Bahnen der Sonnenflecke als gerade Linien, die mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von etwa $7\,{}^1/_2{}^0$ machen. In den darauf folgenden Monaten krümmen sich die Bahnen der Flecke immer mehr und mehr, und beschreiben Ellipsen, deren grosse Axe der Ekliptik parallel und deren hohle Seite nach Nord gekehrt ist. Die grösste Krümmung zeigen diese Ellipsen gegen den 5. September, wenn die Sonne in der Jungfrau steht, und von jetzt ab werden diese Ellipsen immer schmaler und schmaler, bis endlich gegen den 5. December die Bahn der Flecke wieder eine gerade Linie ist. Offenbar befindet sich die Erde zur Zeit, wenn die Bahnen der Sonnenflecke als gerade Linien erscheinen, in der Ebene des Sonnenäquators, und da an den genannten beiden Tagen die heliocentrische Länge der Erde 253^0 und 75^0 beträgt, so muss offenbar die Knotenlinie des Sonnenäquators mit der Ekliptik dieselbe Länge haben.

Wie bereits bemerkt, dauert die Sichtbarkeit eines Flecks auf der Sonnenscheibe, indem er von einem bis zum andern Sonnenrande geht, etwa 13 Tage; nach etwa 14 Tagen wird er am Ostrande wieder sichtbar (natürlich, falls der Fleck sich nicht inzwischen auflöste), so dass die scheinbare Rotationsdauer der Sonne 27 Tage dauert. Um hieraus die wahre Umdrehungszeit abzuleiten, muss man bedenken, dass innerhalb dieser 27 Tage, die Erde etwa 26^0 in ihrer Bahn zurücklegt, der Fleck also nicht bloss 360^0 des Umfangs der Sonnenkugel, sondern noch überdies 26^0 zurückzulegen hat, um wiederum im östlichen Sonnenrande zu stehen. Man hat daher zur Bestimmung der wahren Rotationsdauer der Sonne die Proportion:

$$386^0 : 360^0 = 27^d : x^d,$$

oder $x = 25\,{}^9/_{50}$ Tage oder 25 Tage $4\,{}^1/_3$ Stunden. Nach zahlreichen und genauen Beobachtungen von Spörer ergiebt sich die Rotationsdauer der Sonne genauer zu 25 Tagen $5^h\ 38^m$. Dieser Werth ist übrigens auch nur eine Annäherung an die Wahrheit, einestheils weil die meisten Sonnenflecke nur kurze Zeit andauern, dann aber auch, weil dieselben ihre Gestalt unaufhörlich verändern und ausser der rotirenden noch eigne Bewegungen besitzen.

Erst in dem zweiten Viertel unseres Jahrhunderts zeigte Laugier mit voller Gewissheit, dass eine Eigenbewegung der Flecken existirt. Er gelangte zu diesem Resultate, indem er den Bogen auf der Sonnenkugel maass, um welchen mehrere Flecken zu verschiedenen Zeiten von einander entfernt standen. Diese Entfernung betrug z. B. für zwei Flecke am 24. Mai 1840 nahezu $73^0\ 30'$. Schreibt man die Aenderung der Bewegung einem einzigen der beiden Flecken zu, so

ergiebt sich hierfür eine Geschwindigkeit von bisweilen mehr als 300 Fuss. Die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ebene der Erdbahn fand Laugier gleich 7° 9'. Es liegt nahe zu vermuthen, dass in den Ortsveränderungen der Sonnenflecke, d. h. in den Eigenbewegungen derselben ein bestimmtes Gesetz sich auspräge, aber erst in der neuesten Zeit sind durch Carrington und Spörer die Grundlagen geliefert worden, auf denen sich weiter bauen lässt. Diese Beobachter fanden, dass die Flecken der höheren Breiten, also diejenigen, welche weit entfernt vom Sonnenäquator sich befinden, übereinstimmend ein Hinaufrücken nach dem nächsten Pole zeigen, während sie gleichzeitig mit dem ganzen Sonnenballe sich um dessen Axe drehen. Die Bewegung der Flecke ist also eine spiralförmige. Die mittlere Rotationszeit der Sonne nimmt Spörer zu 25,2345 Tagen ($25^t\ 5^h\ 38^m$) an. Betrachtet man die Gestalt der Flecke genauer und unter Anwendung sehr starker Vergrösserungen, so ergiebt sich, dass dieselbe niemals eine auch nur annähernd regelmässige ist. Sie zeigen sich eckig und zerrissen, gleichsam wie ausgeschnitten und von einer minder dunkeln Hülle, dem Halbschatten, Hof, oder der sogenannten Penumbra umgeben, welche oftmals die Contur des eigentlichen Kernfleckens getreulich wiederholt. Letzterer ist nicht scharf begrenzt, ebenso wenig wie die umgebenden Höfe; die scharfen Grenzen vieler Flecke sind nur scheinbare, hervorgerufen durch schwache Vergrösserung und ein sehr dunkeles Blendglas. Bei Anwendung starker Vergrösserungen erscheinen die Grenzen der Flecke ebenso wenig scharf wie diejenigen unserer Haufenwolken.

Die Grösse dieser Gebilde ist sehr verschieden; man findet sie von den kleinsten nur in sehr kraftvollen Fernrohren sichtbaren Punkten an, welche sporadisch und ohne Halbschatten auftreten, bis zu jenen grossen Flecken, deren Ausdehnung die Oberfläche unserer ganzen Erde häufig um ein Vielfaches übertrifft, und die bisweilen selbst dem blossen Auge sichtbar sind. Was die allgemeine Vertheilung der Flecken auf der Sonnenscheibe betrifft, so erscheinen sie am grössten zwischen dem 5. und 30. Grad nördlicher und südlicher Breite, kleiner um die beiden Sonnenpole und den Aequator herum. In Folge dieser Contraste hat sich lange die Meinung erhalten, die Flecken seien innerhalb jener Zonen (zwischen dem 5. und 30. Grad nördlicher und südlicher Breite) auf der Sonnenoberfläche am häufigsten. Oft wird die Sonne als fleckenfrei angegeben, während in der That eine sehr grosse Menge kleiner und schwacher Flecke existiren, die sich bisweilen selbst bis in die unmittelbare Nähe der Sonnenpole erstrecken, aber nur in guten Fernrohren sichtbar sind. Solch' kleine Flecken sind niemals so dunkel wie die grösseren, sondern durchgängig bloss matter als die mattesten Höfe; sie erscheinen als ein dunkles, von Lichtnebel überwogtes Terrain. Nicht immer bleiben sie in diesem Stadium der Entwicklung; bisweilen nimmt ihre Grösse und Deutlichkeit zu, meist aber verschwindet das Gebilde schnell und unmerklich. Im Allgemeinen treten die Flecken nicht einzeln sondern in grösseren Gruppen zusammen auf, welche dann

nicht selten gemeinsam von einem einzigen grossen Hofe umschlossen werden. Spörer hat gefunden, dass die eigene Bewegung der einzelnen Flecke einer Gruppe, nicht für alle die gleiche ist. Während die Dauer der kleinsten Flecke, die von einigen Beobachtern auch Poren genannt werden, eine sehr beschränkte ist, haben die grösseren Flecke im Allgemeinen einen längeren Bestand. Im Jahre 1779 erhielt sich ein grosser, dem blossen Auge sichtbarer Fleck 6 Monate hindurch, und Schwabe in Dessau sah 1840 eine Fleckengruppe während 8 Sonnenrotationen wiederkehren. Obgleich die örtliche Entstehung und Ausbildung der einzelnen Sonnenflecke sehr zufälligen, unregelmässig wirkenden Einflüssen zu unterliegen scheint, so ist doch die Gesammthäufigkeit der Flecken an eine bestimmte und feste Periode geknüpft, deren Vorhandensein zuerst Schwabe durch langjährige, mit unermüdlicher Sorgfalt angestellte Beobachtungen erwiesen hat. Derselbe fand, dass seit dem Jahre 1862 die Häufigkeit der Flecken und Gruppen innerhalb eines Zeitraumes von etwa 10 Jahren ab- und zunimmt, und Wolff in Zürich hat dieses Resultat in Folge einer umfassenden Arbeit dahin bestätigt, dass jene Periode 11 $^1/_9$ Jahre beträgt, ein Jahrhundert also gerade 9 Perioden umfasst. Die Beobachtungen von Balfur-Stewart und Tait, welche sich auf die Zu- und Abnahme der Grösse einzelner Flecken beziehen und bei denen die photographische Aufnahme der Sonnenoberfläche eine wichtige Rolle spielte, haben bis jetzt kein sicheres Resultat geliefert. Die Beobachter schliessen aus den Zeichnungen, dass stets die unter demselben Längengrade auf der Sonnenoberfläche befindlichen Flecke in gleichem Sinne sich verändern, d. h., entweder zusammenwachsen oder gleichzeitig an Grösse abnehmen. Balfur-Stewart erklärt diese angenommene Thatsache aus den Stellungen der Planeten Merkur und Venus, denen eine gewisse Wirkung auf die Entwicklung der Flecke beigelegt wird. Doch ist die Thatsache einer gleichzeitigen Zu- oder Abnahme aller Flecken unter demselben heliographischen Längengrade noch keineswegs sicher festgestellt, um so weniger also die dafür gegebene Erklärung. Die Sonnenflecke erscheinen im Allgemeinen dem beobachtenden Auge vollkommen schwarz; nichts desto weniger sind sie dennoch hell, und Herschel schätzt ihre Lichtintensität auf $^7/_{1000}$ des Sonnenlichtes. Nun ist nach den sehr genauen Messungen Zöllner's die Sonne 618,000 Mal heller als der Vollmond; sonach würde also ein schwarzer Kernfleck noch immer 4326 Mal mehr Licht ausstrahlen, als eine gleich grosse Fläche des Vollmondes. Diese Resultate sind zwar nur Annäherungen, aber man wird ihre principielle Richtigkeit nicht in Abrede stellen können, wenn man erwägt, dass das blendende Drummond'sche Kalklicht auf die Sonnenscheibe projicirt, einen schwarzen Flecken bildet. Neben den mehr oder minder dunkeln Sonnenflecken und meist in der Nähe derselben zeigt die Oberfläche der Sonne auch hellere Stellen, welche Sonnenfackeln genannt werden. Die Gestalt derselben ist sehr mannigfaltig; meist zeigen sie sich als mehr oder minder zusammengedrängte rundliche Formen, oft aber auch als lange, aderartig verlaufende Lichtstreifen, die am deutlichsten in der Mitte

der Sonnenscheibe wahrgenommen werden, die Fackeln sind am häufigsten in den beiden Fleckenzonen, doch zeigen sich die Lichtadern nach Schwabe selbst bis in die Nähe der Sonnenpole. Wie alles uns sichtbare Detail auf der Sonnenoberfläche, so sind auch die Fackeln von vorübergehender Dauer; doch hat es sich bestätigt, dass grosse Fackelbezirke häufig länger existiren, wie Fleckengruppen. Der Zusammenhang zwischen Fackeln und Flecken ist noch nicht in allen Beziehungen klar erkannt; meist folgt den kranzartigen Fackeln nach einigen Tagen die Entstehung einer Fleckengruppe; bei den aderartigen Lichtwellen erscheint zuerst eine trübe, narbenartige Stelle, und aus dieser entwickelt sich häufig ein einzelner oder mehrere kleine Flecke. — Nachdem wir in dem Vorhergehenden das Allgemeine in der Erscheinung der licht- und wärmestrahlenden Sonnenoberfläche, wie sie sich unter den normalen Verhältnissen dem spähenden Auge des Forschers darstellt, kennen gelernt haben, wenden wir uns zu den Erklärungen, die man im Laufe der Jahrhunderte nach dem jeweiligen Standpunkte der Kenntnisse von der physischen Beschaffenheit eines Weltkörpers gegeben hat, der nahezu 20 Millionen Meilen von uns entfernt ist. Abgesehen von den wilden Speculationen der Alten und des Mittelalters, konnten sich wissenschaftliche Ansichten über die Natur des leuchtenden Sonnenballs erst dann zu entwickeln beginnen, als man denselben genauer zu sehen und zu beobachten vermochte. Daher beginnen die eigentlichen Theorien über die Beschaffenheit der Sonne erst nach der Erfindung des Fernrohrs. Sonderbar genug hielt man bei aller sonstigen Verschiedenheit der Ansichten, bis auf die neueste Zeit herab, an der Meinung fest, der eigentliche Sonnenkörper sei dunkel, und werde in einem gewissen Abstande von einer leuchtenden Hülle, der Photosphäre umgeben. Die Sonnenflecke erklärte Galilei als Wolken, die in dem Lichtmeere schwimmen. Dominicus Cassini, Lahier und Lalande glaubten in den Sonnenflecken bergartige Erhebungen zu sehen, die von Zeit zu Zeit dadurch sichtbar würden, dass sich das Niveau des Lichtmeeres hebe und senke. Die Grundlage einer schulgerechten, systematischen Erklärung gab indess erst der Astronom von Glasgow, Alexander Wilson, im Jahre 1744, nachdem er beobachtet hatte, dass der Hof eines grösseren Flecks seine scheinbare Ausdehnung in dem Maasse veränderte, als sich der Fleck selbst dem Sonnenrande näherte. Während nämlich der Hof den Fleck mitten auf der Sonnenscheibe beiderseits in gleicher Breite umgab, wurde sein östlicher Theil immer schmaler, je mehr der Fleck dem westlichen Sonnenrande näher rückte, genau so, wie wenn der Fleck tiefer als die leuchtende Oberfläche der Sonne lag. Wilson nahm dies in der That an und schloss, dass die Sonnenflecken trichterförmige Oeffnungen oder Einsenkungen von der leuchtenden Photosphäre bis herab zur dunklen Sonnenkugel bilden, und dass die Penumbra oder der Hof des Flecks durch die steilen Seitenwände des Trichters gebildet wird. Diese Theorie, obgleich sie im Anfange sehr vielen Widerspruch erlitt, fasste jedoch festen Fuss, als sich ihr Herschel mit einigen Modificationen anschloss. In zwei Abhandlungen, 1795

und 1801, entwickelte dieser grosse Astronom die Ansichten, zu denen er gelangt war. Nach ihm ist der dunkele Sonnenkörper von einer zweifachen Dunst- oder Wolkenschicht umhüllt. Die äussere bildet die leuchtende Photosphäre, die innere, welche etwa 70 bis 80 Meilen über der eigentlichen Sonnenoberfläche schwebt, ist nicht selbstleuchtend, sondern wird nur durch die Photosphäre erhellt. Vom Sonnenkörper steigt fortwährend ein elastisches Fluidum unbekannter Art auf und erzeugt die Poren in der Schicht der lichtreflectirenden Wolken, darauf verbindet es sich mit anderen Gasen und erzeugt in der Region der leuchtenden Wolken die Rillen. Bei heftigen stürmischen Wirkungen aber, wenn beide Hüllen in weiter Ausdehnung durchbrochen werden, entstehen die Kernflecken, von denen der Berliner Astronom Bode annahm, dass sie mehr oder weniger dunkel erscheinen, je nachdem die Oeffnung in der Photosphäre über sandigem und felsigem Erdreich oder über Meeren steht. Später hat Arago die Herschel'sche Theorie weiter ausgebildet. Nach dem gegenwärtigen Stande der astronomischen Kenntnisse, sagt dieser berühmte Physiker, besteht die Sonne 1) aus einem ziemlich dunkeln Centralkörper; 2) aus einer ungeheuren Wolkenschicht oder Hülle, welche in einem gewissen Abstande über dem dunklen Sonnenballe schwebt und denselben von allen Seiten umgiebt; 3) aus einer Photosphäre, d. h. einer leuchtenden Schicht, welche die Wolkenhülle ebenso umschliesst, wie diese ihrerseits den dunkeln Kern umhüllt; 4) haben die Finsternisse von 1842, 1850 und 1851 auf die Spur einer dritten Umhüllung der Sonne geleitet, welche oberhalb der Photosphäre liegt und aus dunkeln oder doch nur schwach leuchtenden Wolken besteht. Schon früher hatte Arago nachgewiesen, dass das von einem festen oder flüssigen glühenden Körper unter einem hinreichend kleinen Winkel ausstrahlende Licht Eigenschaften hat, die das Licht brennender gasförmiger Körper nicht besitzt. Wenn bei directer Ansicht die Ränder der beiden Sonnenbilder, welche in dem zu diesen Beobachtungen dienenden Instrumente (dem sogenannten Polariscop) erscheinen, farbig sind, so rührt das Licht dieser Ränder von einem flüssigen Körper her; wenn dagegen die Ränder der beiden Bilder ihre natürliche Weisse behalten, so rührt ihr Licht von einem gasförmigen Körper her. So oft die Sonne an beliebigen Tagen des Jahres mittels grosser, mit Polariscopen versehener Fernrohre ist beobachtet worden, hat sich niemals an den Rändern eine Spur von Färbung gezeigt. Folglich schliesst Arago, ist die leuchtende Materie, welche den scheinbaren Rand der Sonnenscheibe bildet, gasförmig, und man kann den Schluss auf die ganze Oberfläche der Sonne ausdehnen, weil die verschiedenen Punkte derselben in Folge der Axendrehung nach und nach sämmtlich am Rande erscheinen.

Die Theorien Wilson's, Herschel's und Arago's über den physischen Zustand der Sonne, sind Dank den Arbeiten Kirchhoff's und Spörer's heute gefallen und haben richtigeren Anschauungen Platz gemacht.

Aus der Physik ist bekannt, dass ein weiss glühender, fester oder flüssiger Körper ein vollkommen continuirliches Spectrum liefert, wäh-

rend jeder glühende gasförmige Körper ein durch helle Linien unterbrochenes Spectrum liefert. Kirchhoff machte die wichtige Entdeckung, dass diese hellen Linien sich sofort in dunkle umwandeln, wenn sich hinter dem glühenden gasförmigen Körper ein weissglühender fester oder flüssiger befindet; man erhält dann ähnliche dunkle Linien, wie sie sich im Sonnenspectrum befinden. Nun erscheinen noch ausserdem viele dieser letzteren, der sogenannten Fraunhoferschen Linien, genau an denselben Punkten des Spectrums, wo die Spectra verschieden gefärbter Flammen helle Linien zeigen. So z. B. fallen sämmtliche helle Linien des Eisenspectrums mit dunkeln Linien des Sonnenspectrums zusammen etc. Obgleich Kirchhoff durch diese Untersuchungen zu der Ansicht gedrängt wurde, dass die Sonne ein in der höchsten Glühhitze befindlicher Körper ist, welchen eine Atmosphäre von niedrigerer Temperatur umgiebt, während die Sonnenflecke Analoga unserer Wolken sind, so fand doch diese Theorie bei den meisten Astronomen keinen Beifall, und, was weit schlimmer ist, auch keinen offenen Widerspruch. Nach wie vor blieb man in astronomischen Schriften der Trichterhypothese getreu; man fürchtete sich fast zu der als absurd verurtheilten Galilei'schen Ansicht über die Natur der Sonnenflecke zurückzukehren, nachdem die optischen Verkürzungen der Höfe beim Näherrücken an den Sonnenrand von Wilson gedeutet, von Herschel und Arago gut geheissen, und von Humboldt im Kosmos angenommen worden. Es gehört mehr als gewöhnliche Aufmerksamkeit dazu, um durch die Beobachtungen eine gründliche Prüfung von Wilson's Theorie zu gestatten. Wilson's Untersuchungen selbst waren wenig zahlreich und nothwendig mit allen Unvollkommenheiten ihrer Zeit behaftet; Herschel adoptirte von vornherein die Theorie des Glasgower Astronomen; Arago hatte leider niemals genauere und längere andauernde Beobachtungen über die Sonnenflecken angestellt, und Humboldt hielt sich ausschliesslich an seines Freundes Angaben. Die Mehrzahl der lebenden Astronomen hatte sich auch nie ausschliesslich mit der Sonne beschäftigt; darf man sich nach alle dem allzusehr wundern, wenn ein Physiker, der niemals am grossen parallaktischen Fernrohre die Sonnenflecken im Detail verfolgt hat, neue Ansichten über die Natur der Sonne vorbringt und diese Anfangs unbeachtet bleiben? Vielleicht wäre dem noch heute so, wenn nicht ein günstiges Geschick, den richtigen Mann um die richtige Zeit auf die richtige Fährte geleitet hätte. Prof. Spörer in Anklam, ein Gelehrter, der neben grossem Beobachtungstalente und gründlichem mathematischen Wissen, eine ausgedehnte allgemeine wissenschaftliche Bildung besitzt, war, nachdem er Anfangs sich der Laufbahn eines Astronomen von Fach gewidmet hatte, bald in eine andere Carrière übergegangen. Er beschloss indess, der Beobachtung der Sonnenflecken in ihrer Beziehung zur physischen Constitution unseres Centralgestirns seine ausschliessliche Thätigkeit zu widmen. Anfangs standen ihm nur höchst unzureichende Hülfsmittel zu Gebote, aber schon mittels dieser wusste er wichtige neue Resultate zu gewinnen, unter denen hier nur an seine Entdeckung der mit dem Abstande vom Sonnenäquator veränderlichen

Eigenbewegung der Flecke erinnert sei. Das erregte Aufmerksamkeit, und im Jahre 1864 bewilligte König Wilhelm I. von Preussen dem unermüdlichen Beobachter einen Beitrag zur Anschaffung grösserer und geeigneter Instrumente, so dass sich dieser bereits im Februar 1865 in den Stand gesetzt sah, ein schönes Steinheil'sches Fernrohr von 6½ Fuss Brennweite und 5 Zoll Objectivöffnung bei seinen Untersuchungen anzuwenden. Hierdurch wurde es möglich, den Beobachtungen eine grössere Ausdehnung zu geben und Prof. Spörer begann nun auch Untersuchungen über den Bau der einzelnen Fleckengruppenund Fackeln. Die Resultate waren auffallend. Es ergab sich, dass die Erscheinung, welche Wilson auf die Trichterhypothese geführt, durchaus nicht in der Allgemeinheit und der Bedeutung auftritt, die Herschel und Arago ihr beilegten.

Spörer führt unter seinen Beobachtungen eine grosse Anzahl von Beispielen auf, aus denen ein Beobachter, der nicht die fortwährenden Veränderungen der Flecke verfolgt hätte, leicht den Schluss ziehen konnte, die Stellung des Hofes entstehe nach Wilson's Theorie, während indess die ununterbrochene Beobachtung der Entstehung und der Ausbildung des Flecken lehrt, dass dies nicht der Fall ist, vielmehr die excentrische Hofstellung von physischen Vorgängen auf der Sonnenoberfläche abhängt. Die Flecken sind nach Spörer, in Uebereinstimmung mit Kirchhoff, Wolkenmassen, die in der gasförmigen Sonnenatmosphäre schwimmen. Die Sonnenfackeln hält Spörer für Theile der Sonnenoberfläche, über welcher die Flecke sich befinden. „Es ist nicht zu leugnen", sagt der genannte Beobachter, „dass die am Sonnenrande von Fackeln umgebenen Flecke den Eindruck machen, als befänden sie sich in einer Vertiefung zwischen glänzenden Bergen. Diese Erscheinung wird man indessen als eine durch die glänzenden Flächen hervorgerufene optische Täuschung ansehen müssen, weil wir doch nur ein völlig ebenes Bild betrachten. Nun hat aber Secchi am 5. August beobachtet, dass die Fackeln, an den Westrand tretend, als kleine Hervorragungen und Unregelmässigkeiten über den Sonnenrand hinaustraten, worin er den entscheidenden Beweis dafür sah, das die Fackeln bergartige Erhöhungen sein müssten. Nach den gemachten Angaben würden diese Berge sogar noch die Höhe von 24 geographischen Meilen übersteigen. Wie aber neben solchen Gluthbergen noch dunkele Massen, die Flecke, bestehen können, ist nicht wohl erklärlich. Wir betrachten die Flecken als wolkenartige Gebilde, entfernt oberhalb heller Flächen, oberhalb der Fackelflächen, und denken diese als eine von Stürmen bewegte Nebelschicht, welche indessen in Folge der Schwerkraft nicht zu solchen Wellenbergen aufgetrieben werden könne, deren Höhe für uns noch messbar oder wahrnehmbar wäre. Der Beobachtung Secchi's können wir aber durch folgende Betrachtung Genüge leisten. Als nothwendige Folge der Strahlenbrechung einer Sonnenatmosphäre ist anzusehen, dass ringsum am Rande der Sonne noch ein feiner Saum hervortreten muss, welcher der abgewandten Sonnenseite angehört. Ob wir unter gewöhnlichen Umständen etwas von diesem Saume sehen, oder ob sich derselbe in besondern Fällen (z. B. Airy's Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss im Jahre 1842) bemerklich gemacht hat,

lassen wir ausser Acht und erwägen nur, dass jedenfalls der äusserste Theil des feinen Saumes, welcher schon durch die Lichtschwächung in der Sonnenatmosphäre sehr matt ist, bei Anwendung eines Blendglases unsichtbar bleiben muss. Wenn aber auf der uns abgewandten Sonnenseite auf dem durch die Strahlenbrechung gehobenen Saume intensive Fackeln vorhanden sind, so werden solche Stellen uns sichtbar sein können und alsdann die Erscheinung von Hervorragungen über den Sonnenrand gewähren. In dieser Beziehung erinnere ich an Beobachtungen von mir, bei welchen intensive Fackeln noch hervorleuchteten, als sich der Himmel so dicht bezogen hatte, dass kaum noch der Sonnenrand zu erkennen war. Fackeln von solcher Intensität, wie in dem angegebenen Falle beobachtet wurden, werden auf jenem feinen, durch die Strahlenbrechung gehobenen Saume ohne Zweifel auch durch ein Blendglas oder bei Projection des Sonnenbildes erkennbar bleiben. Bei der Beobachtung Secchi's am 5. August 1865 waren aber Fackeln von ausgezeichneter Intensität vorhanden." Weitere Unterstützung findet die Ansicht, dass die Sonne ein in höchster Glühhitze, in allgemeiner Gluth befindlicher Weltkörper ist, in gewissen Beobachtungen bei Gelegenheit von Sonnenfinsternissen, worüber Näheres in dem Artikel Finsternisse.

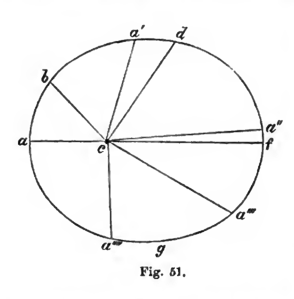


Fig. 51.

Sonnenbahn, s. Ekliptik.

Sonnenfackeln, s. Sonne.

Sonnenferne, Aphelium, derjenige Punkt der elliptischen Bahnen, welcher sich am weitesten von der Sonne entfernt befindet. Ist in obenstehender Figur 51. abdfg eine elliptische Bahn, c der Ort der Sonne, so ist f der Ort der Sonnenferne, ihm gegenüber steht a als Ort der Sonnennähe, während die beide verbindende, durch c gehende, gerade Linie acf Absidenlinie genannt wird.

Sonnenfinsterniss, s. Finsterniss.

Sonnenjahr wird der Zeitraum genannt, welchen die Sonne gebraucht, um einen ganzen Umlauf um den Himmel zu vollbringen und wieder zu demselben Nachtgleichenpunkte zurückzukehren. Dieses Jahr ist also übereinstimmend mit dem tropischen, und seine mittlere Länge beträgt 365 Tage $5^h\ 48^m\ 45^s$. Näheres in den Artikeln Jahr und Kalender.

Sonnennähe, Perihelium, nennt man denjenigen Punkt der Bahn eines Planeten oder Kometen, in welchem sich das Gestirn am nächsten bei der Sonne befindet. Der Sonnennähe gegenüber steht der Ort der Sonnenferne (s. d.) und die beide Punkte in eine elliptische Bahn verbindende Gerade, welche durch den Ort der Sonne geht, wird grosse Axe oder Absidenlinie genannt. Ueber den Einfluss der Entfernung

eines in elliptischer Bahn einhergehenden Planeten von der Sonne auf seine Geschwindigkeit, s. d. Art. Anomalie und Kepler's Gesetze. Der Ort der Sonnennähe der Erde liegt auf der Ekliptik in 99° 30′ 21,8″ (für 1800) und rückt in jedem Jahr tropisch um 61,7″ vor; die Erde erreicht diesen Punkt gegenwärtig am 2. Januar, und wird ihn nach Verlauf von 115 Jahren stets um 2 Tage später erreichen, so dass nach 10,400 Jahren die Erde zur Sommerszeit (statt wie gegenwärtig im Winter) sich in der Sonnennähe befinden wird. Die hierdurch entstehenden Temperaturänderungen der Jahreszeiten werden jedoch nur gering sein.

Sonnenparallaxe, s. Parallaxe.

Sonnensystem nennt man den Inbegriff sämmtlicher, durch die Bande der allgemeinen Anziehung unauflöslich der Herrschaft der Sonne unterworfenen Weltkörper. Hierhin gehören also die Planeten mit ihren Monden, sehr viele Kometen, Meteoritenschwärme etc. Die genauere Darstellung der Einrichtung der Sonnensystems, s. unter Weltsystem.

Sonnentafeln nennt man diejenigen astronomischen Tafeln, aus welchen man ohne weitläufige Rechnung den Ort der Sonne jür jede gewünschte Zeit leicht ableiten kann. Die genauesten Sonnentafeln sind gegenwärtig die von Hansen und Olufsen, sowie die von Leverrier publicirten.

Sonnentag, s. Sonnenzeit.

Sonnenweite nennt man bisweilen den mittleren Abstand (20 Millionen Meilen) der Erde von der Sonne.

Sonnenuhr wird jede Vorrichtung genannt, in welcher der Schatten eines Stiftes, einer Ebene etc. auf einer Fläche den Stundenwinkel der Sonne, also die wahre Sonnenzeit anzeigt. Die Kunst Sonnenuhren herzustellen, bildete früher einen wichtigen Zweig der angewandten Wissenschaft und man hat in der That, theoretisch wie practisch, sehr vielen Fleiss auf die Lösung der hier zur Sprache kommenden Probleme verwandt.

Gegenwärtig haben die Sonnenuhren indess ihren Werth fast gänzlich verloren, da die Kunst, Räderuhren von grosser Genauigkeit herzustellen, einen ungemein hohen Grad der Vollendung erreicht hat und gleichzeitig Mittel genug geboten sind, die Uebereinstimmung des Ganges dieser kunstvollen Werkzeuge mit dem Himmel leicht und sicher zu prüfen.

Die einfachste Construction ist unstreitig diejenige der Aequatoreal-Sonnenuhr, bei welcher der schattenwerfende Stift der Erdaxe parallel, die Ebene, auf welche der Schatten fällt, also dem Aequator parallel gestellt wird. Theilt man vom Mittelpunkte aus durch Radien diese Ebene in so viele Winkel, als man Unterabtheilungen zur Erkennung der Zeit haben will, und lässt den der Stunde 12 entsprechenden Theilpunkt mit dem durch den Anfangspunkt gehenden Meridiane in einer verticalen Ebene liegen, so ist die Uhr für die Benutzung vollständig fertig.

Die Construction der horizontalen Sonnenuhr ist folgende: Man ziehe auf einer horizontalen Ebene (s. Fig. 52., Seite 418) die

Gerade cd im Meridiane, hierauf senkrecht die Linie be, und ferner die Gerade ec so, dass ∡ecb gleich der geographischen Breite des Beobachtungsortes ist; zieht man ferner de senkrecht zu ce und schlägt mit de als Radius den Kreisbogen ea, so giebt die Entfernung ad einen abermaligen Radius, mit dem man um a als Mittelpunkt den Kreisbogen d e f g h i k etc. schlägt. Diesen Kreisbogen theilt man in so viele gleiche Theile, als man zur Bestimmung der Zeit wünscht, zieht die Radien ad, ae, af etc. und verlängert sie genugsam um die senkrechte auf ed durch d gezogene Linie dm zu erreichen, so schneiden sie diese in den Punkt 12, 11, 10, 9 etc. Verbindet man aber diese Punkte durch gerade Linien mit A, in welchem senkrecht der Schatten werfende Stift sich befindet, so geben diese Linien die Stundenlinien der Schattenlage für die Stunden von 12 bis 6 Uhr Vormittags und an der andern Seite für 1, 2 etc. Uhr Nachmittags.

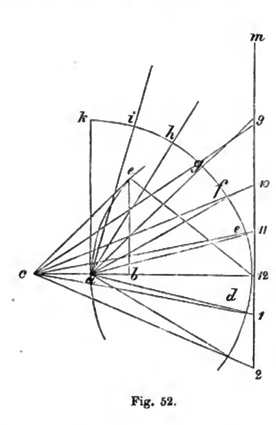


Fig. 52.

Andere Constructionen von Sonnenuhren muss man in gnomonischen Schriften studiren. Bei Benutzung der Sonnenuhren ist nie zu übersehen, dass dieselben die wahre Sonnenzeit angeben und diese erst mittels der Zeitgleichung auf die im bürgerlichen Leben angewandte mittlere Zeit zu reduciren ist.

Sonnenwenden, Solstitialpunkte, werden die beiden, einander diametral gegenüber liegenden Punkte der Ekliptik genannt, welche um 90° von den Nachtgleichen entfernt sind. In den Punkten der Sonnenwenden erreicht die Sonne ihre grösste Entfernung vom Aequator, und sie wendet sich von diesem Augenblicke an wieder dem Aequator zu, daher auch der Name. Der senkrecht auf der Ekliptik stehende, durch die beiden Sonnenwendepunkte gehende grösste Kreis wird Kolur der Solstitien genannt. Die beiden durch die Sonnenwenden gelegten, dem Aequator parallelen Kreise heissen Wendekreise. Wenn die Sonne im nördlichen Wendepunkte steht (am 21. Juni), so hat die Nordhälfte, wenn sie im südlichen Solstitialpunkte steht (am 22. Decbr.), so hat die südliche Erdhemisphäre ihren längsten Tag und den Anfang des Sommers.

Sonnenzeit nennt man die durch die scheinbare tägliche Umlaufsbewegung der Sonne um die Erde gemessene Zeit. Die scheinbare Bewegung der Sonne ist jedoch keineswegs gleichförmig, vielmehr braucht die Sonne bald etwas mehr, bald etwas weniger Zeit von einem Meridiandurchgange bis zum andern. Diese wahre Sonnenzeit hat

daher Tage von ungleicher Länge und eignet sich deshalb nicht für die unmittelbare Zeitrechnung. Man benutzt hierzu vielmehr die mittlere Sonnenzeit, indem man sich eine Sonne denkt, welche gleichzeitig mit der wahren Sonne vom Frühlingspunkte ausgeht und sich mit stets gleicher Geschwindigkeit im Aequator (nicht in der Ekliptik wie die wahre Sonne) fortbewegt, so dass sie am 21. März wiederum mit der wahren Sonne im Frühlingspunkte zusammentrifft. Der Zeitraum zwischen je zwei Meridiandurchgängen dieser gedachten mittleren Sonne ist daher stets von gleicher Dauer und er wird mittlerer Sonnentag genannt. Denken wir uns die mittlere Sonne gleichzeitig mit einem Fixsterne im Meridian eines Ortes stehend, so wird am nächsten Tage, wenn der Fixstern wiederum im Meridian steht, also nach Ablauf eines Sterntages, die mittlere Sonne wegen ihrer eignen Bewegung noch einen Bogen des Aequators von $0{,}985647^0$ zu durchlaufen haben, um einen ganzen Umlauf zu vollenden, so dass der mittlere Sonnentag länger als der Sterntag ist. Legt man die Dauer des mittleren Sonnentags mit 24 Stunden zum Grunde, so ergiebt sich die Länge x des Sterntages in mittlerer Sonnenzeit ausgedrückt durch die Proportion

$$x : 24 = 360^0 : 360{,}985647^0,$$

also $x = 23^h\, 55^m\, 4{,}0913^s$. Umgekehrt ist die Länge des mittleren Sonnentages in Sternzeit ausgedrückt $= 24^h\, 3^m\, 56{,}5^s$.

Die auf Seite 420 und 421 stehenden Tafeln dienen dazu, Sternzeit in mittlere Sonnenzeit und umgekehrt zu verwandeln. Ein Beispiel wird ihren Gebrauch sofort klar machen. Man sucht wie viel $10^h\, 11^m\, 37^s$ Sternzeit in mittlerer Zeit ausmachen. Tafel II. ergiebt als Reduction bei

$$10^h\, 10^m\, 24^s - 1^m\, 40^s$$

$$10^h\, 11^m\, 37^s - 10^h\, 10^m\, 24^s = 1^m\, 13^s$$

$$\text{Reduct. bei } 1^m\, 13^s - \quad 0{,}2^s$$

$$\overline{-\,1^m\, 40{,}2^s} \qquad 10^h\, 11^m\, 37^s$$

$$-\qquad 1\;\; 40{,}2$$

$$\text{also mittlere Zeit : } \overline{10^h\;\; 9^m\; 56{,}8^s}.$$

Die gewöhnlichen Uhren sind sämmtlich so eingerichtet, dass sie die mittlere Sonnenzeit anzeigen, während die Sonnenuhren unmittelbar die wahre Sonnenzeit angeben. Der Unterschied zwischen den Angaben beider wird die Zeitgleichung (s. d.) genannt. Verschieden von diesen beiden, sind die nach Sternzeit eingerichteten astronomischen Uhren, sie durchlaufen zwischen je zwei Culminationen eines und desselben Fixsterns 24 Sternstunden und acceleriren daher täglich gegen mittlere Sonnenzeit um $3^m\, 56{,}5^s$.

Sonntagsbuchstabe, s. Cyklus.

Sosigenes, Astronom zu Alexandrien, von Cäsar um 50 vor Chr. nach Rom beschieden, um die Kalenderverbesserung einzurichten. Er bestimmte die Jahresdauer zu $365\,{}^1/_4$ Tagen und schlug die Einschaltung von einem Tage nach je vier Jahren vor.

South, Sir James, berühmter astronomischer Beobachter, studirte Anfangs Medicin und war eine Zeit lang als Arzt thätig, widmete sich

Tafel I.

Zur Verwandlung der mittleren Zeit in Sternzeit.

Reduction auf Sternzeit.	Mittlere Zeit.	Reduction auf Sternzeit.	Mittlere Zeit.	Reduction auf Sternzeit.	Mittlere Zeit.	Reduction auf Sternzeit.	Mittlere Zeit.
Taf. a.		Taf. b.		Taf. b.		Taf. b.	
m s	h m s	s	m s	s	m s	s	m s
+0 0	0 0 0	+0,0	0 0	+4,0	24 21	+8,0	48 42
0 10	1 0 52	0,1	0 37	4,1	24 58	8,1	49 19
0 20	2 1 45	0,2	1 13	4,2	25 34	8,2	49 55
0 30	3 2 37	0,3	1 50	4,3	26 11	8,3	50 32
0 40	4 3 30	0,4	2 26	4,4	26 47	8,4	51 8
0 50	5 4 22	0,5	3 3	4,5	27 24	8,5	51 45
1 0	6 5 15	0,6	3 39	4,6	28 0	8,6	52 21
1 10	7 6 7	0,7	4 16	4,7	28 37	8,7	52 58
1 20	8 6 59	0,8	4 52	4,8	29 13	8,8	53 34
1 30	9 7 52	0,9	5 29	4,9	29 50	8,9	54 11
+1 40	10 8 44	+1,0	6 5	+5,0	30 26	+9,0	54 47
1 50	11 9 37	1,1	6 42	5,1	31 3	9,1	55 24
2 0	12 10 29	1,2	7 18	5,2	31 39	9,2	56 0
2 10	13 11 21	1,3	7 55	5,3	32 16	9,3	56 37
2 20	14 12 14	1,4	8 31	5,4	32 52	9,4	57 13
2 30	15 13 6	1,5	9 8	5,5	33 29	9,5	57 50
2 40	16 13 59	1,6	9 44	5,6	34 5	9,6	58 26
2 50	17 14 51	1,7	10 21	5,7	34 42	9,7	59 3
3 0	18 15 44	1,8	10 57	5,8	35 18	9,8	59 39
3 10	19 16 36	1,9	11 34	5,9	35 55	9,9	60 16
+3 20	20 17 28	+2,0	12 10	+6,0	36 31		
3 30	21 18 21	2,1	12 47	6,1	37 8		
3 40	22 19 13	2,2	13 23	6,2	37 44		
3 50	23 20 6	2,3	14 0	6,3	38 21		
4 0	24 20 58	2,4	14 36	6,4	38 57		
		2,5	15 13	6,5	39 34		
		2,6	15 49	6,6	40 10		
		2,7	16 26	6,7	40 47		
		2,8	17 2	6,8	41 23		
		2,9	17 39	6,9	42 0	Taf. c.	
						s	m s
		+3,0	18 16	+7,0	42 37	+0,01	0 4
		3,1	18 53	7,1	43 14	0,02	0 7
		3,2	19 29	7,2	43 50	0,03	0 11
		3,3	20 6	7,3	44 27	0,04	0 15
		3,4	20 42	7,4	45 3	0,05	0 18
		3,5	21 19	7,5	45 40	0,06	0 22
		3,6	21 55	7,6	46 16	0,07	0 26
		3,7	22 32	7,7	46 53	0,08	0 29
		3,8	23 8	7,8	47 29	0,09	0 33
		3,9	23 45	7,9	48 6	0,10	0 37

Tafel II.

Zur Verwandlung der Sternzeit in mittlere Zeit.

Reduction auf mittlere Zeit.	Sternzeit.	Reduction auf mittlere Zeit.	Sternzeit.	Reduction auf mittlere Zeit.	Sternzeit.	Reduction auf mittlere Zeit.	Sternzeit.
Taf. a.		Taf. b.		Taf. b.		Taf. b.	
m s	h m s	s	m s	s	m s	s	m s
−0 0	0 0 0	−0,0	0 0	−4,0	24 25	−8,0	48 50
0 10	1 1 2	0,1	0 37	4,1	25 2	8,1	49 27
0 20	2 2 5	0,2	1 13	4,2	25 38	8,2	50 3
0 30	3 3 7	0,3	1 50	4,3	26 15	8,3	50 40
0 40	4 4 10	0,4	2 26	4,4	26 51	8,4	51 16
0 50	5 5 12	0,5	3 3	4,5	27 28	8,5	51 53
1 0	6 6 15	0,6	3 40	4,6	28 5	8,6	52 30
1 10	7 7 17	0,7	4 16	4,7	28 41	8,7	53 6
1 20	8 8 19	0,8	4 53	4,8	29 18	8,8	53 43
1 30	9 9 22	0,9	5 30	4,9	29 55	8,9	54 20
−1 40	10 10 24	−1,0	6 6	−5,0	30 31	−9,0	54 56
1 50	11 11 27	1,1	6 43	5,1	31 8	9,1	55 33
2 0	12 12 29	1,2	7 19	5,2	31 44	9,2	56 9
2 10	13 13 31	1,3	7 56	5,3	32 21	9,3	56 46
2 20	14 14 34	1,4	8 32	5,4	32 57	9,4	57 22
2 30	15 15 36	1,5	9 9	5,5	33 34	9,5	57 59
2 40	16 16 39	1,6	9 46	5,6	34 11	9,6	58 36
2 50	17 17 41	1,7	10 22	5,7	34 47	9,7	59 12
3 0	18 18 44	1,8	10 59	5,8	35 24	9,8	59 49
3 10	19 19 46	1,9	11 36	5,9	36 1	9,9	60 26
−3 20	20 20 48	−2,0	12 12	−6,0	36 37		
3 30	21 21 51	2,1	12 49	6,1	37 14		
3 40	22 22 53	2,2	13 25	6,2	37 50		
3 50	23 23 56	2,3	14 2	6,3	38 27		
4 0	24 24 58	2,4	14 38	6,4	39 3		
		2,5	15 15	6,5	39 40		
		2,6	15 52	6,6	40 17		
		2,7	16 28	6,7	40 53		
		2,8	17 5	6,8	41 30		
		2,9	17 42	6,9	42 7	Taf. c.	
						s	m s
		−3,0	18 19	−7,0	42 44	−0,01	0 4
		3,1	18 56	7,1	43 21	0,02	0 7
		3,2	19 32	7,2	43 57	0,03	0 11
		3,3	20 9	7,3	44 34	0,04	0 15
		3,4	20 45	7,4	45 10	0,05	0 18
		3,5	21 22	7,5	45 47	0,06	0 22
		3,6	21 59	7,6	46 24	0.07	0 26
		3,7	22 35	7,7	47 0	0,08	0 29
		3,8	23 12	7,8	47 37	0,09	0 33
		3,9	23 49	7,9	48 14	0,10	0 37

aber bald ganz der Astronomie und stellte zum Theil im Verein mit dem jüngeren Herschel Beobachtungen, besonders von Doppelsternen an, die in Anbetracht der mittelmässigen Instrumente, über die South verfügte, von bewundernswürdiger Genauigkeit sind.

Spectralanalyse nennt man die durch Kirchoff und Bunsen in die Wissenschaft eingeführte Methode, aus den Spectren der Körper ihre chemische Zusammensetzung zu erkennen. Newton zeigte zuerst im Jahre 1675, dass das weisse Licht bei seinem Durchgange durch ein Prisma in eine Anzahl verschieden gefärbter Strahlen zerlegt wird, ganz analog den Farben, die man im Regenbogen wahrnehmen kann. Lässt man einen Sonnenstrahl durch eine feine Oeffnung in ein dunkles Zimmer treten, so erblickt man auf der gegenüberliegenden Wand ein kleines, glänzendweisses Sonnenbildchen. Bringt man jetzt vor der Oeffnung ein Prisma an, dessen brechende Kante nach oben gerichtet ist, so erblickt man statt des runden weissen Sonnenbildchens und tiefer als dasselbe, einen ovalen, farbigen Streifen, welcher Spectrum genannt wird. Ist die brechende Kante des Prisma's nach unten gerichtet, so erscheint das Spectrum über der Stelle des ehemaligen Sonnenbildchens, steht sie vertical, so erscheint das Spectrum seitwärts. Bleiben wir bei der ersten Stellung des Prisma's stehen, in welcher also die brechende Kante desselben nach oben gerichtet ist. In dieser Stellung erscheint, wie bemerkt, das Spectrum vertical unter dem Orte, den ehedem das weisse Sonnenbildchen einnahm und die Reihenfolge seiner Hauptfarben ist diese: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo, Violett. Das Roth erscheint demnach zunächst der Stelle, welche das weisse Sonnenbild einnahm; die rothen Strahlen erfahren also die geringste Ablenkung, die violetten die stärkste. Lässt man die einzelnen farbigen Strahlen des Spectrums nochmals durch ein Prisma gehen, so erfahren sie zwar wiederum eine Ablenkung, aber sie sind nicht weiter zerlegbar; die einzelnen farbigen Strahlen des Spectrums sind also einfach, ihr Licht ist, wie Newton sagt, homogen. Aus der Vereinigung der verschiedenen Farben des Spectrums entsteht wiederum weisses Licht.

Wollaston war der Erste, der bei schärferer Untersuchung des Sonnenspectrums, im Jahre 1802, bemerkte, dass dasselbe durch dunkle, senkrecht auf der Längsrichtung stehende Linien abgetheilt wird. Er erkannte dieser Linien etwa 7 und sprach sich dahin aus, dass dieselben wohl die einzelnen Hauptfarben abgrenzen möchten. Zwölf Jahre später beschäftigte sich Fraunhofer mit Untersuchung des Sonnenspectrums. Er beobachtete dasselbe durch ein Fernrohr und erkannte auf diese Weise im Ganzen 576 dunkle Linien in demselben. Er mass ihre gegenseitige Lage möglichst genau und bezeichnete die 8 hervorragendsten unter ihnen mit den Buchstaben A bis H. In Folge dieser ersten genaueren Untersuchungen erhielten die dunklen Linien den Namen Fraunhofersche Linien. Derselbe grosse Optiker fand bereits, dass diese Linien in keiner Weise von dem Stoffe, aus dem das Prisma besteht, abhängen, und ferner, dass ihre relative Lage eine unveränderliche ist. Spätere Untersuchungen mit stärkern Instrumenten zeigten immer mehr Linien, so dass Kirchhoff deren über

5000 unterschied, ja Cooke mittels eines grossen Apparates, der aus 9 Kohlenstoffprismen besteht, ihre Anzahl nicht zu schätzen wagt. Bei diesen feineren Untersuchungen haben sich mehrere früher für einfach gehaltene Linien als doppelte und mehrfache ergeben. So ist z. B. die Linie D, welche Kirchhoff dreifach fand, von Cooke als aus 6 einzelnen Linien und einem breiten Nebelstreifen bestehend, erkannt worden.

Untersucht man die Spectra, welche künstliche Lichtquellen liefern, so zeigt sich, dass alle festen und flüssigen glühenden Körper ein ununterbrochenes Spectrum geben, während glühende gasförmige Substanzen ein Spectrum erzeugen, das aus einer gewissen Anzahl von hellen Linien oder Streifen besteht, und zwar ist die Lage, Zahl und Farbe dieser Linien für jede Substanz eine charakteristische. So z. B. werden die Natronsalze, welche die Flamme gelb färben, durch eine gelbe Spectrallinie charakterisirt, die mit starken Apparaten in mehrere Linien aufgelöst werden kann. Das Spectrum des Lithium ist bezeichnet durch eine schöne rothe und eine sehr schwache orangefarbene Linie. Bringt man also irgend eine Mineralsubstanz, in geeigneter Weise behandelt, in eine nicht leuchtende Flamme von genügender Hitze, so lehrt ein Blick durch das Spectroscop, mit welchem Körper man es zu thun hat. Auf diesem Wege haben sich auch bis jetzt schon verschiedene neue chemische Elemente offenbart, von denen man bis dahin keine Ahnung hatte, andere einfache Körper zeigten sich fast überall verbreitet, während man bis dahin geglaubt hatte, dass dieselben sehr selten sein müssten. Ueberhaupt ist die Spectralanalyse geeignet, die geringsten Quantitäten einfacher Stoffe nachzuweisen, deren Vorhandensein auf keinem anderen Wege ermittelt werden könnte. Beispielsweise lassen sich noch $^5/_{10000000}$ Gr. Aluminium, $^{46}/_{100000000}$ Eisen, $^3/_{1000000}$ Arsen etc. spectralanalytisch mit vollster Sicherheit nachweisen.

Das bereits bekannte beiläufige Zusammenfallen der hellen Linien einzelner einfacher Körper mit dunklen Linien des Sonnenspectrums veranlasste Kirchhoff 1859 eine genauere Untersuchung über den Gegenstand anzustellen. Er fand hierbei in der That das genaueste Zusammenfallen der hellen Doppellinie des Natriums mit der dunklen Doppellinie D. Als Kirchhoff die Sonnenstrahlen direct durch die Natriumflamme fallen liess, wurde die Doppellinie dunkler, überhaupt fand der genannte Forscher bei näherer Untersuchung, dass stets eine dunkle, der Fraunhofer'schen D-Linie durchaus entsprechende Linie auftrat, sobald eine genügend intensive Lichtquelle, welche für sich ein ununterbrochenes Spectrum giebt, ihre Strahlen durch eine nicht leuchtende, durch Natriumdämpfe gefärbte Gasflamme sendet. Versuche mit Lithium und andern einfachen Substanzen ergaben ein durchaus analoges Resultat. Kirchhoff erklärte diese Erscheinung dadurch, dass die Natrium- und Lithiumflamme solche Strahlen absorbire, welche die nämliche Brechbarkeit besitzen, wie diejenigen, die sie selbst aussendet. Es ist diese Erklärung ein specieller Fall des von Kirchhoff nachgewiesenen physikalischen Satzes, dass bei allen Strahlengattungen (Wärme- wie Lichtstrahlen) das Verhältniss zwischen

Emissions- und Absorptionsvermögen für jeden Körper bei derselben Temperatur das Gleiche ist. Die Anwendung dieses Satzes auf die dunklen Linien des Sonnenspectrums liegt auf der Hand; aber als vorsichtiger Forscher untersuchte und bestätigte Kirchhoff vorerst das Zusammenfallen sämmtlicher Eisenlinien mit dunklen Linien des Sonnenspectrums, ehe er seine berühmte Theorie von der physischen Constitution des ungeheuren Sonnenballes veröffentlichte. Die fortgesetzte Untersuchung des Sonnenspectrums ergab in den letzten und umfassendsten Arbeiten von Angström folgende Anzahl von Coincidenzen heller Linien der einfachen Stoffe mit dunklen Absorptionslinien des normalen Sonnenspectrums:

Aluminium . . .	2
Barium	11
Calcium . . .	75
Chrom	18
Eisen	450
Kobalt	19
Kupfer	7
Magnesium . .	4
Mangan	57
Natrium . . .	9
Nickel	33
Titan	118
Wasserstoff . .	4
Zink	2

Uebrigens wirkt auch die Erdatmosphäre absorbirend; bei Sonnenauf- und Untergang zeigen sich dunkle Linien im Spectrum, die sonst nicht in dieser Weise wahrnehmbar sind. Die genaue Bestimmung dieser atmosphärischen Linien und ihre Unterscheidung von den wahren Absorptionslinien der Sonne selbst, bilden den Gegenstand fortgesetzter Untersuchungen der Physiker. An dieser Stelle kann weder hierauf noch auch auf die zahlreichen Entdeckungen und Untersuchungen, welche in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Spectralanalyse, die mehr oder weniger den Charakter einer ganz selbstständigen wissenschaftlichen Disciplin angenommen hat, eingegangen werden. Es muss genügen die Principien der Methode kurz darzulegen. Wer sich des Näheren über den Gegenstand belehren will, findet dazu ausgezeichnete Anleitung in dem Werke von Schellen, „die Spectralanalyse", oder in dem gleichnamigen Werke von Lorscheid.

Sphärischer Excess ist der Ueberschuss der Summe der drei inneren Winkel eines sphärischen Dreiecks über 180°.

Sphaeroid nennt man denjenigen Körper, welcher durch Umdrehung einer Ellipse um ihre kleine Axe entsteht; den Körper, der durch Umdrehung einer Ellipse um ihre grosse Axe entsteht, nennt man Ellipsoid.

Spiegel heisst jede glatte Fläche, welche das Licht so reflectirt, dass man in ihr die Bilder der davor liegenden Gegenstände erkennen

kann. In der Astronomie kommen hauptsächlich sphärische Hohlspiegel bei den Spiegeltelescopen zur Verwendung.

In untenstehender Figur 53 stellt abfc den Durchschnitt eines sphärischen Hohlspiegels vor. Derselbe bildet einen Theil einer Kugeloberfläche, deren Centrum C ist. Die Linie fC heisst die Axe, ac der Durchmesser und ∠aCc die Oeffnung des Spiegels. Der Punkt F, der in der Mitte zwischen dem Centrum C und dem Punkte f des Spiegels auf der Axe desselben liegt, wird der Hauptbrennpunkt desselben genannt. In ihm vereinigen sich alle nicht zu weit von der Axe und parallel mit dieser auffallende Strahlen, wie eb, hg etc. Für Strahlen, welche den Spiegel in grösserem Abstande von der Axe treffen, liegt der Vereinigungspunkt zwischen dem Hauptbrennpunkte und dem Spiegel. Wenn daher, wie dies zu optischen Zwecken erforderlich ist, sämmtliche auffallende Strahlen wieder möglichst genau in einem Punkte vereinigt werden sollen, so darf die Oeffnung des Spiegels in keinem Falle 10° überschreiten. Für Strahlen, die von einem leuchtenden Punkte in der Axe des Spiegels ausgehen, welcher diesem so nahe steht, dass sie nicht mehr als mit der Axe parallel auffallend angesehen werden können, rückt der Vereinigungspunkt in dem Maasse von dem Spiegel weg, als sich der leuchtende Punkt dem Spiegel nähert. Befindet sich derselbe im Hauptbrennpunkte, so werden seine Strahlen parallel mit der Axe des Spiegels reflectirt. Untersucht man die Bilder, welche ein sphärischer Hohlspiegel von einem Gegenstande entwirft, so findet sich, dass, wenn der Gegenstand zwischen dem Hauptbrennpunkte und dem Centrum steht, alsdann ein vergrössertes, umgekehrtes Bild jenseits C entsteht. Umgekehrt erzeugt der Spiegel von einem Gegenstande in nicht zu grosser Entfernung jenseits C ein verkehrtes verkleinertes Bild zwischen F und C, und dieses Bild nähert sich um so mehr dem Hauptbrennpunkte, je weiter sich der Gegenstand von dem Spiegel entfernt, bis es schliesslich für sehr grosse, als unendlich zu betrachtende Entfernungen des Gegenstandes in den Hauptbrennpunkt fällt, oder vielmehr in einer Entfernung vom Spiegel entsteht, welche der Entfernung des Hauptbrennpunktes von demselben gleich ist. Von Gegenständen endlich, welche sich zwischen dem Brennpunkte und dem Spiegel befinden, fällt ihr vergrössertes, aufrechtes Bild hinter den Spiegel.

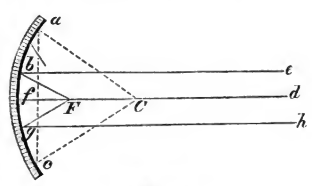


Fig. 53.

Die Erscheinungen, welche man bei Convexspiegeln beobachtet, mögen hier übergangen werden, da solche Spiegel in der Astronomie keine Anwendung finden.

Spiegelsextant wird das von Newton erfundene, von Hadley aber zuerst öffentlich beschriebene wichtige Instrument genannt, um

auf See Winkeldistanzen messen zu können. Die untenstehende Fig. 54 zeigt ein einfaches Instrument dieser Art, um die Construction desselben klar zu machen. A und B sind zwei Spiegel, den letztern erblickt man in der Zeichnung bloss von der Rückseite; er ist um den Mittelpunkt des Kreisbogens MN, welcher die Gradeintheilung trägt, drehbar. Wenn die beiden Spiegel A und B parallel sind, so zeigt der Nonius Ci auf 0°. Der unbewegliche Spiegel A ist nur auf seiner untern Hälfte belegt, die obere ist durchsichtig. Durch die Oeffnung o, welche sich über der Handhabe h befindet, schaut das Auge auf den Spiegel A. Will man mittels dieses Instruments die Winkeldistanz zweier Objecte messen, so bringt man die Oeffnung o vor das Auge und hält das Instrument so, dass das links liegende Object in dem unbelegten Theile des Spiegels A sichtbar wird, hierauf dreht man den Spiegel B mittels der Alhidade CD so lange, bis das zweite Object in dem belegten Theile des Spiegels A erscheint.

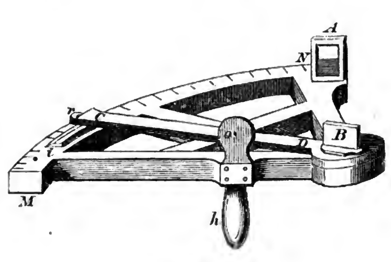


Fig. 54.

Die Strahlen dieses Objectes, welche auf B fallen, werden nämlich von hier reflectirt und eine passende Drehung von B wirft sie auf A unter das Bild des ersten Objectes, von wo aus sie in das Auge des Beobachters gelangen. Hat man dies erreicht, so schraubt man den Radius CD mittels der Schraube r fest und liest die Angabe des Nonius ab, welcher die Winkeldistanz beider Objecte anzeigt. Eine einfache geometrische Betrachtung zeigt, dass der Winkel, um welchen man B aus seiner Anfangsstellung, bei welcher das eine Object im oberen Theile von A sichtbar war, drehen muss, um das zweite Object im unteren Theile von A zu erblicken, halb so gross ist, als der Winkel, welchen beide Gegenstände im Auge des Beobachters mit einander machen. Aus diesem Grunde ist die Theilung bei MN gleich so angegeben, dass die Theilstriche, welche vom Mittelpunkte um $^1/_2{}^0$, 1^0, 5^0, 10^0 etc. abstehen, mit 1^0, 2^0, 10^0, 20^0 etc. bezeichnet sind. Gewöhnlich umfasst die Theilung bloss $^1/_6$ Kreisbogen (obgleich sie natürlich, wie oben bemerkt, von 0^0 bis 120^0 aufgetragen ist), woher auch der Name Sextant.

Seine Wichtigkeit verdankt der Spiegelsextant hauptsächlich dem Umstande, dass seine Anwendung allein es ermöglicht, auf See, wo eine feste Aufstellung von Instrumenten gar nicht möglich, Winkeldistanzen mit derjenigen Sicherheit zu bestimmen, welche hier erforderlich ist.

Spiegeltelescop, Reflector, wird jedes Fernrohr genannt, bei dem

statt eines Objectivglases ein Spiegel benutzt wird. Nachdem Mersenne und bestimmter Gregory auf die Möglichkeit der Herstellung von Spiegeltelescopen hingewiesen hatten, war es Newton, der (in Folge der Farbenzerstreuung beim Durchgange des Lichtes durch Linsen und bei der damaligen Unmöglichkeit, diese Farbenzerstreuung zu heben) die Wichtigkeit des Spiegeltelescope erkannte und der Königlichen Societät in London am 18. Januar 1672 ein von ihm hergestelltes Instrument dieser Art vorlegte.

Die Möglichkeit der Herstellung von Spiegeltelescopen beruht auf der Eigenschaft der sphärischen Hohlspiegel, von entfernten, hellen Gegenständen umgekehrte Bilder in der Nähe des Brennpunktes zu erzeugen, die mittels einer Ocularlinse betrachtet werden können. Vergl. den Art. Spiegel. Bei dem Newton'schen Spiegeltelescope werden die von dem Spiegel reflectirten Strahlen von einem kleinen Planspiegel kurz vor ihrer Vereinigung aufgefangen, der mit der Axe des Hauptspiegels einen Winkel von 45° bildet. Sie werden daher seitwärts reflectirt und das hier entstehende Bild wird mittels eines Oculars betrachtet. Das erste, von Newton selbst construirte Spiegeltelescop war von sehr kleinen Dimensionen, es vergrösserte bloss 30 oder 40 Mal und wird gegenwärtig noch aufbewahrt. Smith hat für verschiedene Dimensionen Newton'scher Spiegeltelescope eine Tafel der einzelnen Verhältnisse berechnet, welche hier folgt.

Brennweite des Spiegels. Fuss.	Brennweite des Oculars. Zoll.	Vergösserung.	Oeffnung des Spiegels. Zoll.
1	0,20	60	1,44
2	0,24	102	2,45
3	0,26	138	3,31
4	0,28	171	4,10
5	0,30	202	4,85
6	0,31	232	5,57
7	0,32	260	6,24
8	0,33	287	6,89
9	0,34	314	7,54
10	0,35	340	8,16

Gregory brachte an dem Newton'schen Telescope eine Veränderung an, die im Ganzen nicht als eine Verbesserung desselben betrachtet werden kann. Er durchbohrte nämlich den Mittelpunkt des Hauptspiegels und brachte jenseits des Brennpunktes in der Axe des Telescops einen kleinen Hohlspiegel an, der die von dem Hauptspiegel kommenden Strahlen durch die Oeffnung wirft, so dass hier ein Bild der betrachteten Gegenstände entsteht, das mittels eines Oculars vergrössert und in die deutliche Sehweite gerückt wird. Cassegrain modificirte diese Construction dahin, dass er statt des concaven einen convexen Spiegel anbrachte, der die von dem Hauptspiegel kommenden Strahlen vor ihrer Vereinigung zu einem Bilde auffängt und dem Ocular zusendet, woselbst also ein verkehrtes Bild entsteht. Der ganze

Vortheil dieser beiden Constructionen gegenüber der Newton'schen besteht darin, dass der Beobachter wie beim gewöhnlichen Fernrohre sich dem zu beobachtenden Objecte zukehrt; dafür leiden aber beide Telescope unter Anderem an dem grossen Nachtheile, dass der schönste Theil des Spiegels verloren geht.

Bradley und Pound haben ein von Hadley construirtes Newton'sches Telescop von 5 Fuss Brennweite hinsichtlich seiner Leistungsfähigkeit einer genauen Untersuchung unterworfen. Sie fanden, dass es eine gleich starke Vergrösserung ertrug wie das berühmte Fernrohr von Huyghens, dessen Brennweite 122 Fuss betrug, dass ferner die Helligkeit beider Instrumente sehr nahe dieselbe, das Spiegeltelescop dagegen ungleich bequemer zur Beobachtung war. Noch grössere Vorzüge wusste Short seinen Spiegeltelescopen zu geben; seine 7füssigen Reflectoren besassen eine Oeffnung von $12\frac{1}{5}$ engl. Zoll, und ertrugen Vergrösserungen bis zu 800 Mal. Der Preis eines solchen Instruments war 300 Guineen. Durch Erfindung der achromatischen Fernrohre liess der hohe Ruf, dessen sich die Spiegeltelescope bis dahin erfreuten, beträchtlich nach. Man fand bald, dass Dollond'sche Achromate von 5 Fuss Brennweite in den meisten Beziehungen selbst 10füssigen Reflectoren überlegen waren; dennoch war es W. Herschel vorbehalten, die Spiegeltelescope wiederum zu grossem Ansehen zu bringen. Die von diesem berühmten Beobachter selbstverfertigten Spiegel von 7, 10, 20 Fuss Brennweite zeigten eine solche Vollendung und optische Kraft, dass schlechterdings keine andere, gleichzeitig vorhandenen Instrumente damit zu vergleichen waren. In der letzten und vollendetsten Construction liess Herschel den kleinen Spiegel ganz weg und stellte dafür den Hauptspiegel etwas schief gegen die Axe des Rohres. Das Ocular befand sich dann am offenen Ende des Instruments, so dass also der Beobachter dem zu beobachtenden Gegenstande den Rücken kehrte. Natürlich kann eine solche Einrichtung bloss bei sehr grossen Instrumenten mit Vortheil angebracht werden, da andernfalls der Kopf des Beobachters zu viel Raum wegnehmen und das offene Ende des Telescops bedecken würde. Herschel nannte die solcher Art eingerichteten Instrumente Front-view-Telescope und mit ihnen, welche die grösste Lichtstärke besassen, hat er die feinsten Beobachtungen und Entdeckungen gemacht. Das grösste Telescop, dessen sich Herschel bediente, war das im Jahre 1789 vollendete 40füssige Riesentelescop, dessen Spiegel $49\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser und ein Gewicht von über 2000 Pfund besass. Das Instrument hat indess keineswegs ganz die gehofften Dienste geleistet, einestheils weil der Himmel in England nur selten die für Anwendung der vollen optischen Kraft eines solchen Fernrohres nöthige Reinheit besitzt, dann auch, weil der Spiegel sich bald bezog und trotz aller Mühe nicht wieder in der vormaligen Vollendung herzustellen war. Gleichzeitig mit Herschel haben in Deutschland Schröter und Schrader grosse Spiegeltelescope verfertigt, ohne dass diese jedoch die Vollendung der Herschel'schen Instrumente erreichten. In neuerer Zeit haben Lassell in Liverpool und Lord Rosse in Parsonstown Riesenreflectore hergestellt, welche selbst die Instru-

mente Herschel's an optischer Kraft noch überbieten. Der Erstere hat ausser einem Reflector von 2 Fuss Oeffnung und 20 Fuss Brennweite noch ein grösseres Instrument von 4 Fuss Oeffnung und 37 Fuss Brennweite hergestellt und beobachtet mit demselben unter dem heitern Himmel Malta's. Von der Wichtigkeit dieses Telescops kann man sich eine Vorstellung machen, wenn man hört, dass Lassell mittels desselben alle 4 Monde des Uranus bei vollem Mondscheine zu sehen vermochte, während W. Herschel von den beiden innersten Uranusmonden nie auch nur eine Spur sah. Das gewaltige Instrument von Rosse hat 5½ Fuss Oeffnung und 47 Fuss Brennweite, es löst eine Menge von Nebelflecken in einzelne Sterne auf, die bisher für jedes andere Instrument unauflösbar erschienen. Der Spiegel dieses Riesentelescops wiegt allein 7000 Pfund, und es wird mittels eines sinnreichen Mechanismus zwischen zwei Mauern im Meridiane bewegt. Die Bestandtheile des Spiegels sind 58,9 Kupfer und 126,4 Zinn. In neuester Zeit haben Steinheil und Foucault angefangen, Spiegeltelescope mit Glasspiegeln, die auf ihrer innern Fläche chemisch versilbert werden, anzufertigen und sind dabei zu recht befriedigenden Resultaten gelangt. Ein unter Leitung Foucault's verfertigtes Instrument dieser Art besitzt einen Spiegel von 29½ Zoll Durchmesser und 14 Fuss Brennweite. Mittels desselben wurde die Entdeckung des Siriusbegleiters bestätigt. Es scheint, dass dieser neuen Art von Spiegeltelescopen eine bedeutende Zukunft blüht, insofern als die Herstellung derselben in grösseren Dimensionen verhältnissmässig leicht und nicht zu kostspielig ist.

Stampfer, Simon, geb. am 28. September 1792 zu Windisch-Matrey, war Anfangs Professor der Mathematik am Lyceum zu Strassburg, darauf bis 1848 Professor der praktischen Geometrie am polytechnischen Institut in Wien, hat sich durch eine Reihe wichtiger Untersuchungen um die Optik besonders in ihrer Anwendung speciell auf astronomische Probleme, sehr verdient gemacht.

Stationär, stillstehend, wird ein Planet dann genannt, wenn seine Bewegung aus der rechtläufigen in die rückläufige oder umgekehrt, übergeht. Bei diesem Uebergange scheint er nämlich eine gewisse Zeit hindurch seine geocentrische Länge nicht zu ändern. Der Grund hiervon ist der nämliche wie derjenige der retrograden Bewegungen der Planeten und darin zu suchen, dass sich sowohl der Planet als auch die Erde, von der aus wir ihn beobachten, bewegt. Nimmt man die Bahnen der Planeten kreisförmig und in der Ebene der Ekliptik, sowie den Erdbahnhalbmesser als Einheit an, und nennt den Radius der Bahn eines beliebigen Planeten a, ε den Elongationswinkel, so hat man für den Stillstand des Planeten

$$\operatorname{tang} \varepsilon = \frac{a}{\sqrt{1 + a}}.$$

Für den Planeten Venus ist $a = 0{,}7233$, also $\varepsilon = 28^0\ 51'$, und in der That wird dieser Planet im Mittel bei 28^0 östlicher und westlicher Elongation von der Sonne stationär.

Steinheil, Karl August von, geb. am 12. October 1801 zu Rappeltsweiler im Elsass, gest. 1870 zu München, war 1832—1849 Professor der Physik und Mathematik an der Universität zu München, dann K.K. Sectionsrath in Wien und seit 1852 Bayerischer Ministerialrath. Steinheil hat sich um Physik und Astronomie, sowie um die Industrie wesentliche Verdienste erworben; er war der Erste, der die Erde als Leitung für den rückkehrenden elektrischen Strom bei den Telegraphen benutzte; sein Prismenphotometer war das erste brauchbare Instrument zur Helligkeitsmessung der Sterne; aus seiner optisch-astronomischen Werkstätte gingen seit 1855 grosse Refractore und Reflectore mit versilberten Glasspiegeln, sowie ausgezeichnete spectralanalytische Apparate hervor.

Sterne werden im Allgemeinen die Himmelskörper genannt, welche dem blossen Auge keinen messbaren Durchmesser darbieten; Sonne und Mond bezeichnet man mit diesem Namen nicht leicht, obgleich natürlich sämmtliche Himmelskörper Sterne sind.

Sternbedeckungen, s. Bedeckungen.

Sternbilder, Constellationen, werden die Gruppen von Fixsternen genannt, welche man meist schon im grauen Alterthume zusammenfasste und mit willkürlichen Namen belegte. Am bekanntesten, wenigstens dem Namen nach, sind die 12 Sternbilder des Thierkreises:

1. Widder.	5. Löwe.	9. Schütze.
2. Stier.	6. Jungfrau.	10. Steinbock.
3. Zwillinge.	7. Waage.	11. Wassermann.
4. Krebs.	8. Skorpion.	12. Fische.

Ausser diesen 12 Sternbildern hat uns Ptolemäus im Almagest noch die Benennungen von 36 andern Constellationen hinterlassen, und zwar sind dies folgende:

a. nördlich vom Himmelsäquator:

1) der grosse Bär, 2) der kleine Bär, 3) Drache, 4) Cepheus, 5) Cassiopeja, 6) Andromeda, 7) Perseus, 8) Pegasus, 9) kleines Pferd, 10) nördliche Triangel, 11) Fuhrmann, 12) Bootes, 13) nördliche Krone, 14) Ophiuchus, 15) Schlange, 16) Herkules, 17) Adler, 18) Pfeil, 19) Leier, 20) Schwan, 21) Delphin;

b. südlich vom Himmelsäquator:

1) Orion, 2) Wallfisch, 3) Eridanus, 4) Hase, 5) kleiner Hund, 6) grosser Hund, 7) Hydra, 8) Becher, 9) Rabe, 10) Centaur, 11) Wolf, 12) Atlas, 13) südlicher Fisch, 14) Schiff Argo, 15) südliche Krone.

Zu diesen Sternbildern setzte Konon noch das Haar der Berenice, wie später den Antinous. Bartsch, der Schwiegersohn Kepler's, fühlte das Bedürfniss, die Taube Noah's am Himmel zu versternen; auch den Jordan und Tigris hatte man unter die Sterne erhoben, allein Hevel verwies sie wieder von dort und führte folgende 11 Sternbilder ein: den Sobieskischen Schild, das Einhorn, den Camelopard, den Sextanten, die Jagdhunde, den kleinen Löwen, den Luchs, den Fuchs mit der Gans, die Eidechse, die kleine Triangel, den Cerberus. Bayer versorgte nach den Angaben von Vespucci den südlichen Himmel mit einem Dutzend neuer Constellationen; auch Flam-

stead hat einige der Hevel'schen Bilder verändert. Die nachfolgende Tafel enthält ein alphabetisches Verzeichniss sämmtlicher Sternbilder.

Alphabetisches Verzeichniss der Sternbilder.

Adler.
Altar.
Andromeda.
Antinous.
Argo, Schiff.
Bär, kleiner.
„ grosser.
Bärenhüter.
Ballon.
Becher.
Biene.
Bildhauerwerkstätte.
Bootes.
Buchdruckerpresse.
Camelopard.
Cassiopeja.
Centaur.
Cepheus.
Chamäleon.
Compass.
Delphin.
Dorado.
Drache.
Dreieck, südliches.
Dreiecke.
Drossel.
Eidechse.
Einhorn.
Elektrisirmaschine.
Eridanus, Fluss.
Fernrohr.
Fisch, südlicher.
„ fliegender.
Fische.
Fliege.
Friedrichsehre.
Fuchs.
Fuhrmann.
Gans, amerikanische.
Grabstichel.
Haar der Berenice.
Harfe.
Hase.
Herkules.
Hund, kleiner.
„ grosser.
Hydra (oder Wasserschlange).
Jagdhunde.
Indianer.
Jungfrau.
Karlseiche.
Katze.
Kranich.
Krebs.
Kreuz.
Krone, nördliche.
„ südliche.
Leier.
Lineal.
Löwe, kleiner.
„ grosser.
Logleine.
Luchs.
Luftpumpe.
Malerstaffelei.
Mauerquadrant.
Mikroscop.
Netz, rhomboidisches.
Ofen, chemischer.
Ophiuchus.
Orion.
Paradiesvogel.
Pegasus.
Pendeluhr.
Perseus.
Pfau.
Pferd, kleines.
Phönix.
Rabe.
Renthier.
Schiffsoctant.
Schlange.
Schütze.
Schwan.
Schwertfisch.
Seecompass.
Setzwaage.
Sextant.
Scorpion.
Sobieskischer Schild.
Steinbock.
Stier.
„ Poniatowskischer.
Tafelberg.
Taube.
Telescop.
Tucan.
Waage.
Walfisch.
Wassermann.
Wasserschlange (oder Hydra).
Widder.
Wolf.
Xiphias.
Zepter.
Zirkel.
Zwillinge.

Um die einzelnen Sternbilder kennen zu lernen, benutzt man am besten die Anleitung einer, des gestirnten Himmels kundigen Person. Ist man mit einer solchen nicht bekannt, so muss man sich allerdings mit einer Sternkarte behelfen und die Methode des Alignements anwenden. Man geht dabei am vortheilhaftesten von dem allbekannten Sternbilde des grossen Bären oder des Himmelswagens aus. Eine Linie um das Sechsfache der Distanz der beiden Sterne β und α im grossen Bären über α hinaus verlängert trifft auf den Polarstern; eine Linie um den fünffachen Abstand von α und δ im grossen Bären über δ hinaus verlängert, trifft sehr nahe auf den hellen Stern α Bootes oder Arktur. Dem grossen Bären entgegengesetzt auf der andern Seite des Polarsterns, fast aber eben so weit vom Nordpole entfernt wie der grosse Bär, steht das Sternbild der Cassiopeja, kenntlich durch 5 helle Sterne, welche fast ein lateinisches W bilden. Eine Gerade von γ über δ der

Cassiopeja führt auf α im Perseus, verbindet man α Cassiopeja und α Perseus durch eine Gerade und verlängert dieselbe um ihre eigne Grösse über α Perseus hinaus, so endigt sie nahe bei dem hellen Sterne Capella oder α im Fuhrmann. Wie man in analoger Weise fortfahren kann, ergiebt jede Sternkarte. Hat man aber mittels der hier angezeigten Methode einmal die hellsten Sterne des Himmels kennen gelernt, so lassen sich später auch die weniger hellen leicht auffinden.

Sterncataloge, s. Fixsternverzeichnisse.

Sternjahr, siderisches Jahr, bezeichnet die wahre Umlaufszeit der Erde um die Sonne. Seine Dauer beträgt 365 Tage 6^h 9^m $10,7496^s$. Sie ist, wie sich aus der Theorie nachweisen lässt, unter Voraussetzung eines absolut leeren Weltraumes für alle Zeiten constant. Da die Himmelsräume von einem unendlich feinen Medium, dem Aether, erfüllt sind, so muss durch dessen Widerstand eine Abnahme des siderischen Jahres eintreten, doch ist diese immerhin so gering, dass sie sich seit den ältesten Zeiten bis heute noch nicht in den Beobachtungen verrathen hat.

Sternkarten, Himmelskarten, sind Darstellungen des gestirnten Himmels auf einer ebenen Fläche. Diejenigen Himmelskarten, welche eine ganze Himmelshalbkugel (in Polarprojection) umfassen, werden Planisphären oder Planigloben genannt. Die älteren Sternkarten enthalten neben den Sternen (und dem Coordinatennetze) auch Zeichnungen der Gegenstände, deren Namen die Sternbilder führen und zwar in einer Ausführlichkeit, welche den Hauptzweck der Karten, Wiedergabe der Sterne, fast als Nebensache erscheinen lässt. Das ist z. B. auch ein grosser Uebelstand der sonst vortrefflichen Bode'schen Sternkarten. Mit Recht ist man in neuerer Zeit von dieser vollkommen überflüssigen Ueberladung der Sternkarten zurückgekommen und bezeichnet entweder bloss die äusseren Umrisse der Figuren und Constellationen durch schwache Linien (wie Littrow in seinem Himmelsatlas), oder lässt auch selbst diese weg und führt in dem Gradnetze bloss die Sterne auf, wie dies in den Karten der Berliner Akademie und in Argelander's herrlichem Atlas des nördlichen gestirnten Himmels der Fall ist. Letzterer ist gegenwärtig das vollendetste Kartenwerk dieser Art; er enthält weit über 300,000 Sterne 1. bis 9. und 10. Grösse, alle nach eignen Beobachtungen eingetragen. Für den Freund der Astronomie sehr empfehlenswerth sind Argelander's Atlas zu seiner Uranometrie, Littrow's Himmelsatlas und der neue Atlas von Heis, letzterer alle dem scharfen Auge des Münster'schen Astronomen sichtbare Sterne (1. bis 6.—7. Grösse) enthaltend.

Sternkunde, s. Astronomie.

Sternnamen. Zur einfacheren Bezeichnung der hervorragenderen Sterne haben diese seit Alters besondere Namen erhalten. Vor Allen waren es die Araber, welche denselben bestimmte Bezeichnungen beilegten. Die heute in der Astronomie gebräuchliche Bezeichnung der Sterne durch Buchstaben des griechischen und lateinischen Alphabets

ist 1603 von Johann Bayer eingeführt worden. Von den arabischen Sternnamen enthält folgende Tabelle die bekannteren.

Arabischer Name.	Gegenwärtige Bezeichnung.	Arabischer Name.	Gegenwärtige Bezeichnung.
Acrab	β Skorpion.	Izar	ε Bootes.
Acharnar	α Eridanus.	Kiffa, austr.	α Waage.
Alamak	γ Andromeda.	„ bor.	β „
Alcor	g grosser Bär.	Kochab	β kleiner Bär.
Albireo	β Schwan.	Markab	α Pegasus.
Alchiba	α Rabe.	Megrez	δ grosser Bär.
Alcyone	η Plejaden.	Mekab	α Walfisch.
Aldebaran	α Stier.	Merak	β grosser Bär.
Alderamin	α Cepheus.	Merope	d Plejaden.
Algenib	γ Pegasus.	Mesarthim	γ Widder.
Algieba	γ Löwe.	Mira	o Walfisch.
Algol	β Perseus.	Mirach	β Andromeda.
Alhena	γ Zwillinge.	Mirfok	α Perseus.
Alioth	ε grosser Bär.	Mirza	β grosser Hund.
Alkaid	η „ „	Mizar	ζ grosser Bär.
Alphard	α Hydra.	Nath	β Stier.
Alrami	α Schütze.	Phekda	γ grosser Bär.
Alschani	β Adler.	Pleione	h Plejaden.
Altair	α „	Pollux	β Zwillinge.
Alula	γ grosser Bär.	Präsepe	ε Krebs.
Antares	α Skorpion.	Procyon	α kleiner Hund.
Arktur	α Bootes.	Ras-Algeti	α Herkules.
Arneb	α Hase.	Ras-Alage	α Ophiuchus.
Asellus, austr.	δ Krebs.	Regulus	α Löwe.
„ bor.	γ „	Rigel	β Orion.
Bellatrix	γ Orion.	Ruccabah	α kleiner Bär.
Beteigeuze	α „	Scheath	β Pegasus.
Canopus	α Schiff Argo.	Schedir	α Cassiopeja.
Capella	α Fuhrmann.	Sertan	α Krebs.
Castor	α Zwillinge.	Sheliak	β Leier.
Chaph	β Cassiopeja.	Sirra	α Andromeda.
Cursa	β Eridanus.	Sirius	α grosser Hund.
Deneb	α Schwan.	Spica	α Jungfrau.
Denebola	β Löwe.	Sulaphat	γ Leier.
Diphda	β Walfisch.	Tayeta	e Plejaden.
Dubhe	α grosser Bär.	Thuban	α Drache.
Electra	b Plejaden.	Vindemiatrix	ε Jungfrau.
Enif	ε Pegasus.	Wega	α Leier.
Fomalhaut	α südlicher Fisch.	Wezen	δ grosser Hund.
Gemma	α nördliche Krone.	Zaurak	γ Eridanus.
Giedi	α Steinbock.	Zavijava	β Jungfrau.
Hamal	α Widder.		

Sternschnuppen heissen die zeitweise plötzlich am Himmelsgewölbe auftauchenden Meteore, welche nach kurzem Laufe, meist nach wenigen Secunden Sichtbarkeit, wieder verschwinden. Die helleren Sternschnuppen hinterlassen meist eine leuchtende Spur ihrer Bahn, die nicht selten noch mehrere Secunden nach dem Verlöschen des eigentlichen Meteors sichtbar bleibt. Die scheinbare Grösse der Sternschnuppen ist sehr

verschieden, von den schwächsten, noch eben sichtbaren Meteoren an bis zu den hellsten, alles taghell erleuchtenden Feuerkugeln (siehe hierüber den betreffenden Artikel). Die Erscheinung zahlreicher Sternschnuppen ist, wie man seit dem Anfange des gegenwärtigen Jahrhunderts weiss, an bestimmte Tage des Jahres geknüpft. Besonders sind die Tage des 10.—12. August und des 12.—13. November durch zahlreiche Meteore bezeichnet. Gegenwärtig kennt man folgende Tage als durch die Häufigkeit von Sternschnuppenfällen ausgezeichnet:

der 2.— 3. Januar,	der 9.—10. April,	der 20.—22. April,
„ 25.—30. Juli,	„ 8.—12. August,	„ 15.—21. August,
„ 15.—23. October,	„ 11.—14. November,	„ 7.—13. December.

Die wichtigste Bereicherung unserer Kenntnisse von den Sternschnuppen, knüpft sich an den Novemberstrom und beginnt mit dem Jahre 1799, wo diese Erscheinung in überraschender Pracht auftrat. Humboldt hat nachzuweisen vermocht, dass das Phänomen damals auf dem ganzen amerikanischen Continente sichtbar war. Erst im Jahre 1832 erneuerte sich die Erscheinung in dem Glanze von 1799 und im nächsten Jahre entwickelte sie sich zu einer ungeahnten Pracht. Schon damals vermuthete Olbers, dass es sich hier um eine etwa 33jährige Periode der Maxima der Erscheinung handle, und in der That trat das Phänomen im Jahre 1866 abermals mit einer Intensität auf, wie man sie nicht erwartet hatte. Die bereits 1833 von Olmstedt gemachte Beobachtung, dass die meisten Meteore von einem Punkte nahe bei γ im Löwen ausgingen und dass dieser Radiationspunkt gleichzeitig mit dem Sternbilde des Löwen seine Lage gegen den Horizont veränderte, bestätigte sich auch 1866. Im folgenden Jahre veröffentlichte Schiaparelli seine berühmten Untersuchungen über die Novembermeteore, bei denen er zu dem Resultate kam, dass diese Meteore eine sehr excentrische, elliptische Bahn mit einer halben grossen Axe von 207 Millionen Meilen Länge besitzen und ihre Umlaufszeit um die Sonne $33\frac{1}{4}$ Jahre beträgt. Etwas später kam Leverrier zu einem analogen Resultate, und Professor Peters bemerkte, dass die so berechnete Bahn mit derjenigen des Kometen I 1866 eine ungemeine Aehnlichkeit zeige. Dadurch war ein engeres Band zwischen Sternschnuppen und Kometen nachgewiesen worden, dessen genauere Untersuchung noch der Gegenstand fortwährender Arbeiten der Astronomen bildet. Vergl. d. Art. Kometen und Meteorite.

Die Anzahl der Sternschnuppen ist, wie bereits hervorgehoben wurde, keineswegs in jeder Nacht des Jahres eine nahe gleiche; Coulvier-Gravier hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass auch die stündliche Häufigkeit der Sternschnuppen eine veränderliche und periodische ist. Das Maximum findet an allen Orten nach Mitternacht statt, so dass eine Wirkung der Längendifferenz der Beobachtungsorte nicht hervortritt. Jul. Schmidt in Athen hat, nach seinen zahlreichen Beobachtungen, eine Tafel der stündlichen Häufigkeiten der Meteore entworfen, der ich die folgenden Zeitangaben für die Maxima der Sternschnuppen-Erscheinungen entlehne.

Datum.		Zeit des Maximums.	Datum.		Zeit des Maximums.
Januar		14—15 Uhr.	August	10.—13.	15—16 Uhr.
Februar		15—16 „	„	14.—23.	12—13 „
März		14—15 „	„	24.—31.	15—16 „
April		12—13 „	September	1.—15.	14—15 „
Mai		14—15 „	„	16.—30.	14—15 „
Juni		14—15 „	October	1.—19.	16—17 „
Juli	1.—20.	15—16 „	„	19.—31.	15—16 „
„	20.—31.	14—15 „	November	1.—14.	15—16 „
August	1.— 5.	14—15 „	„	15.—30.	15—16 „
„	6.—19.	15—16 „	December	—	14—15 „

Die Erklärung dieser merkwürdigen Thatsache gab zuerst Schiaparelli, indem er nachwies, dass in Folge der Umlaufsbewegung der Erde um die Sonne, und da die Geschwindigkeit der Sternschnuppen mit derjenigen der Erde vergleichbar ist, dann für einen beliebigen Ort die grösste Frequenz der Meteore stattfinden muss, wenn derjenige Punkt des Himmelsgewölbes über dem Horizonte im Meridiane steht, gegen welchen hin die Erde sich bewegt. Dieser Punkt culminirt nun durchschnittlich jeden Tag gegen 6 Uhr Morgens. Schiaparelli hat nach seiner so jetzt skizzirten Theorie die Häufigkeit der Meteore von Stunde zu Stunde berechnet, indem er als mittlere stündliche Häufigkeit im jährlichen Durchschnitt für einen Beobachter 10,65 Sternschnuppen annahm. Die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung ist eine sehr grosse. Vergl. Apex.

Sternwarte, Observatorium, nennt man die für astronomische Beobachtungen eingerichteten und mit den nothwendigen Instrumenten versehenen Gebäude. Derartige Localitäten kannte schon das Alterthum, allein es ist natürlich, dass sich deren Einrichtung mit dem Fortschritte der Wissenschaften stets veränderte. Noch zu den Zeiten Tycho's war die Einrichtung einer Sternwarte so bedeutend von der gegenwärtigen Einrichtung eines Observatoriums verschieden, dass man kaum glauben sollte, es könnten in verhältnissmässig so kurzer Zeit, solche Veränderungen durch den Zustand der fortschreitenden Wissenschaft bedingt werden.

Während man früher die Sternwarten möglichst hoch baute und die hauptsächlichsten Observationen auf eigens dazu hergerichteten hohen Thürmen anstellte; ist man in neuerer Zeit ganz und mit Recht von diesem Princip abgekommen. Die Sternwarten der Gegenwart sind einstöckige, verhältnissmässig niedrige Gebäude, bei denen man die möglichst unbeschränkte Aussicht durch die Wahl des Terrains zu gewinnen sucht und nicht hierauf, sondern auf die Festigkeit der ganzen Anlage, das Hauptgewicht legt. Die vorzüglichsten Instrumente, Passageninstrumente, Meridiankreise, werden nur zur ebenen Erde aufgestellt, zwischen Pfeilern, die von Grund aus aufgemauert, mit dem Fussboden in keiner weitern Verbindung stehen. Der Meridiankreis

oder das Mittagsrohr befindet sich in einem eignen Zimmer, dem Meridianzimmer, in dessen Wänden und Decke von Norden nach Süden eine Oeffnung ist, welche durch Klappen verschlossen werden kann. Diese Oeffnung entspricht der Richtung des Meridians, der ganz scharf durch das Mittagsrohr bezeichnet wird. In der Nähe des Mittagsrohrs, ebenfalls meist an einem isolirten Pfeiler, befindet sich die astronomische Uhr, an welcher die Zeiten der Meridiandurchgänge der Sterne bestimmt werden. Der Gang dieser Uhr wird durch Beobachtung der sogenannten Fundamentalsterne (s. d.) controllirt. Während das Meridianinstrument oder Mittagsrohr meist nur mässige Dimensionen erreicht, besitzen sehr viele Sternwarten auch noch ein grösseres, nach allen Weltgegenden drehbares Instrument, ein Aequatoreal, oder einen parallaktisch montirten Refractor. Solche mächtige Telescope dienen dazu, Beobachtungen ausserhalb des Meridians anzustellen, Planeten und Kometen zu untersuchen, Sternhaufen und Nebelflecke zu beobachten. Diese kostbaren Instrumente sind mit Micrometern versehen, um Abstände von Fixsternen, Stellungen von Flecken auf den Planetenscheiben etc. zu messen. Meist dreht ein Uhrwerk das Fernrohr, dem Umschwunge des Himmelsgewölbes entsprechend, so dass ein Stern, der einmal in das Feld des Telescops gebracht worden, unverrückt in demselben stehen bleibt. Derartige grosse Instrumente werden meist etwas höher als die übrigen, unter eignen Thürmen mit drehbaren Kuppeln, aufgestellt. Dass daneben noch andere Räumlichkeiten und Instrumente, z. B. Heliometer, Kometensucher etc., auf einer wohlausgerüsteten Sternwarte zu finden sind, ist klar. Es ist keineswegs nothwendig, dass ein Observatorium ersten Ranges auch äusserlich durch imposanten Bau in die Augen springt. Neben dem Pariser Observatorium würde sich z. B. die Sternwarte zu Altona sehr ärmlich ausnehmen, und doch stehen im Allgemeinen die Beobachtungen, welche von dieser letztern Sternwarte ausgehen, bei den Astronomen in unvergleichlich höherem Ansehen, als die Beobachtungen des Pariser Observatoriums.

Was die Herstellungskosten einer Sternwarte anbelangt, so belaufen sich diese im Allgemeinen auf ziemlich erhebliche Summen. Rechnet man das Gebäude zu 15,000, ein Meridianinstrument zu 2000, einen Refractor zu 8000, Kometensucher, Uhren etc. zu 2000 Thlr., die jährlichen Ausgaben auf 3000 bis 4000 Thlr., so kann man sich eine allgemeine Vorstellung von den Kosten einer Sternwarte machen. Die hauptsächlichsten Sternwarten, welche gegenwärtig existiren, sind: Pulkowa (mit 14zölligem Refractor), Dorpat (9zöll. Refr.), Moskau (10zöll. Refr.), Kasan (9zöll. Refr.), Kiew (9zöll. Refr.), Königsberg (6zöll. Heliometer), Berlin (9zöll. Refr.), Kopenhagen (10½zöll. Refr.), Altona, Bonn (6zöll. Heliometer), Göttingen, Gotha, Leipzig (8zöll. Refr.), Wien, München (10½zöll. Refr.), Florenz, Rom (9zöll. Refr.), Neapel, Palermo (9zöll. Refr.), Paris, Leyden, Greenwich, Lissabon (14zöll. Refr.), Madrid (10zöll. Refr.), Washington (9zöll. Refr.), Cincinati (10½zöll. Refr.), Cambridge in Nordamerika (10zöll. Refr.), St. Jago, Capstadt etc.

Sternzeit nennt man die durch den (scheinbaren) Umlauf der Fixsterne um die Erde bestimmte Zeit. Ein Sterntag, der Zeitraum zwischen zwei gleichen und nach einander folgenden Culminationen eines und desselben Fixsterns, ist die wahre Umdrehungsdauer der Erde. Da sich in dieser Zeitdauer der ganze Umfang des Aequators durch den Meridian bewegt, so ist 1 Stunde Sternzeit $= \frac{360^0}{24} = 15^0$, 1 Minute Sternzeit $= 15'$, 1 Sec. Sternzeit $= 15''$. Vergl. d. Art. Sonnenzeit.

Stillstände der Planeten finden dann statt, wenn deren Bewegung aus der rechtläufigen in die rückläufige sich verwandelt und umgekehrt. Vergl. d. Art. Stationär.

Störungen, Perturbationen, werden in der Astronomie die Abweichungen der Himmelskörper von der reinen elliptischen Bewegung genannt, welche in Folge der gegenseitigen Anziehung aller Himmelskörper aufeinander stattfinden. Die genaue Ermittelung des Betrages dieser Störungen in jedem einzelnen Falle, ist für die Darstellung der wahren und scheinbaren Orte der Himmelskörper, von grösster Wichtigkeit; die Theorie der Perturbationen bildet aber auch den schwierigsten Theil der ganzen Mechanik des Himmels. Newton, der Erste, welcher die allgemeine Anziehung als Naturgesetz welches die Himmelsräume beherrscht, nachwies, war auch der Erste, der sich mit Untersuchung der Störungen beschäftigte, doch gelang es ihm bei Weitem nicht, alle hier zur Sprache kommenden Probleme zu bewältigen; er glaubte sogar, dass in Folge der Störungen mit der Zeit das Bestehen unseres Planetensystems gefährdet werde. Nach ihm haben besonders Clairaut, d'Alembert, Euler, Lagrange, Laplace, Poisson, Leverrier und Hansen sich mit Untersuchungen der Perturbationen beschäftigt und sind zu den wichtigsten und überraschendsten Resultaten gelangt. Diese Untersuchungen werden freilich begünstigt durch die ganze Einrichtung unseres Sonnensystems, in welchem die Masse der Sonne die Massen sämmtlicher Planeten ganz ohne Vergleich übertrifft, während gleichzeitig die Entfernungen dieser Planeten von einander beträchtlich, ihre Excentricitäten und Bahnneigungen dagegen gering sind. Wäre dies nicht der Fall, wären im Gegentheile die Massen der einzelnen Planeten nahe der Sonnenmasse gleich, sowie die Excentricitäten und Neigungen der Bahnen gegen einander sehr bedeutend, so würden alle Anstrengungen der Mathematiker fruchtlos geblieben sein; die Aufgabe: in diesem Systeme die Oerter der einzelnen Körper für jede gegebene Zeit zu bestimmen, würde man nicht haben lösen können.

Man unterscheidet im Allgemeinen zwei Classen von Störungen, periodische und säculare. Die ersteren beziehen sich auf die Orte der Planeten und hängen von den gegenseitigen Stellungen je zweier Planeten ab, die sich natürlich nach einer beschränkten Zahl von Umläufen beider, wieder in nahe gleicher Weise wiederholen. Die periodischen Störungen durchlaufen daher den ganzen Cyklus ihrer Werthe in verhältnissmässig kurzer Zeitperiode und kehren nach Ablauf dieser Frist in gleicher Art wieder. Die säcularen Störungen beziehen

sich auf die Veränderungen der Bahnen, sie sind eigentlich ebenfalls periodische Störungen, da auch sie in gewissen Zeiträumen periodisch wiederkehren; allein diese Perioden sind von einer, meist alle menschlichen Einrichtungen weit überdauernden Länge und ihre mathematische Darstellung unterscheidet sie schon aus diesem Grunde von den oben besprochenen periodischen Störungen.

Die beträchtlichsten Störungen zeigt der Mond und zwar hauptsächlich in Folge der Einwirkung der Sonne, während von den Planeten nur der mächtige Jupiter und die nahe Venus einen noch zu berücksichtigenden Einfluss ausüben. Von den periodischen Störungen des Mondes sind die drei hauptsächlichsten, nämlich: die Variation, die Evection und die jährliche Gleichung in besondern Artikeln abgehandelt worden. Allein ausser diesen Hauptungleichheiten existiren noch eine grosse Anzahl anderer, die alle berücksichtigt werden müssen, wenn der Ort des Mondes, wie dies in der That durch die neuesten Mondtafeln geschieht, mit einer, den heutigen Ansprüchen der Wissenschaft entsprechenden Genauigkeit dargestellt werden soll. Von diesen periodischen wie säcularen Störungen mögen hier noch einige näher betrachtet werden. Unter ihnen nimmt die fortschreitende Bewegung des Mondperigäums, also der ganzen Absidenlinie der Mondbahn, eine wichtige Stelle ein. Es ist schwierig, durch blosses Raisonnement ohne Zuhilfenahme der Analysis, die Ursache dieser Bewegung nachzuweisen; indess möge versucht werden, wenigstens einen allgemeinen Begriff derselben zu verschaffen. Wenn die Absidenlinie der Mondbahn diejenige Lage einnimmt, dass sie verlängert auf die Sonne trifft, und der Mond nähert sich seinem Perigäum, so wirkt die störende Kraft in der Richtung von der Erde weg, er erreicht den Punkt seiner grössten Erdnähe früher, als dies ohne den Einfluss der Sonne stattfinden würde. Im Apogäum strebt die Anziehung der Sonne ebenfalls dahin, die Entfernung des Mondes von der Erde zu vergrössern, der Mond erreicht daher später den Punkt seiner Erdferne, als bei der ungestörten elliptischen Bewegung, die Absidenlinie schreitet vorwärts. Es verhalten sich aber in diesem Falle die störenden Kräfte sehr nahe wie die betreffenden Distanzen des Mondes von der Erde, die progressive Bewegung der Absidenlinie überwiegt also. Fällt die Absidenlinie der Mondbahn mit der Linie der Quadraturen zusammen, steht sie also senkrecht auf der Verbindungslinie von Sonne und Erde, so bewirkt die störende Kraft der Sonne eine fortschreitende Bewegung der Absidenlinie, wenn der Mond im Perigäum steht, und eine retrograde in der Nähe des Apogäums. Da nun auch in diesem Falle, wie allerdings hier nicht weiter gezeigt werden kann, die störende Kraft den Distanzen des Mondes von der Erde direct proportional ist, so muss die retrograde Bewegung überwiegen und die Absidenlinie schreitet zurück. Untersucht man nun genauer den ganzen Effect, welchen die Anziehung der Sonne auf die Absidenlinie in irgend jeder Lage derselben ausübt, so findet man, indem man die störende Kraft in zwei Seitenkräfte zerlegt, von denen die eine senkrecht auf dem Radius vector steht, die andere aber in der Richtung desselben von der Erde wegwirkt, dass die Wirkung der

letztern vorwiegt und die Bewegung der Absidenlinie im Ganzen eine fortschreitende ist. Doch ist diese fortschreitende Bewegung natürlich keine gleichförmige, denn es findet in gewissen Monaten auch ein Rückwärtsschreiten statt, der Werth von 40,69° für dieses Fortschreiten in jedem Jahre ist daher ein mittlerer, die Bewegung selbst aber im Einzelnen eine sehr unregelmässige.

Die störende Wirkung der Sonne auf die Mondbewegung äussert sich ferner in dem Rückwärtsgehen der Knoten der Mondbahn. Die Sonne wirkt aus der Ebene der Ekliptik auf den Mond und sucht ihn in diese Ebene herabzuziehen, sie beschleunigt also den Moment, in welchem derselbe den Durchschnittspunkt seiner Bahn mit der Ebene der Ekliptik passirt, der Mond erreicht diesen Punkt früher und unter einem stumpfern Winkel als solches ohne dies geschehen wäre, d. h. der Mond gelangt früher in seinen Knoten und die Bahnneigung nimmt zu. Hat der Mond den Knoten passirt und ist auf die entgegengesetzte Seite der Ekliptik gekommen, so strebt die Wirkung der Sonne, ihn wiederum dieser zu nähern, die Neigung der Bahn nimmt daher ab, die retrograde Bewegung der Knotenlinie aber bleibt bestehen. Fällt die Knotenlinie der Mondbahn mit der Linie der Syzygien zusammen, so fällt die störende Einwirkung der Sonne auf die Knoten weg, da sich jene jetzt in der Ebene der Mondbahn befindet. Fällt dagegen die Knotenlinie zusammen mit der Linie der Quadraturen, so schreitet sie schnell zurück, aber die Neigung bleibt im Ganzen ungeändert. Erreicht der Mond, während er von einer Quadratur zu einer Syzygie geht, seine Knotenlinie, so giebt die störende Einwirkung der Sonne dieser letztern eine langsamere retrograde Bewegung als in dem vorhin betrachteten Falle und gleichzeitig nimmt die Neigung ab. Trifft dagegen der Mond auf die Knotenlinie seiner Bahn, während er von einer Syzygie zu einer Quadratur gelangt, so geht die Knotenlinie wiederum langsam zurück, aber die Neigung der Bahn wächst. Die Neigung der Mondbahn ist überhaupt am grössten, wenn die Knotenlinie durch die Sonne geht, am kleinsten bei der darauf senkrechten Lage derselben. Die mittlere Neigung aber bleibt stets constant, sie beträgt 5° 8′ 40″, und schwankt periodisch zwischen den Werthen 5° 0′ und 5° 18′. Die jährliche retrograde Bewegung der Mondknoten beträgt 19,34°.

Eine äusserst merkwürdige und erst in der neuesten Zeit hinreichend scharf aus der Theorie der Störungen entwickelte Anomalie in der Mondbewegung ist die durch Jahrhunderte fordauernde, seit den ältesten Zeiten der Beobachtung wahrnehmbare Beschleunigung der mittlern Mondbewegung. Wie werden später sehen, dass die siderischen Umlaufszeiten aller Planeten durchaus keine Veränderung zeigen, ja wie die Theorie mit Evidenz ergiebt, bei der Bewegung in einem absolut leeren Weltraume, keine Abnahme erleiden können. Der Mond allein schien hiervon eine Ausnahme zu machen, indem seine Umlaufszeit seit den Tagen der Chaldäer und Babylonier stetig ab-, seine mittlere Winkelbewegung also stetig zunahm. Halley hat diese Acceleration der mittlren Mondbewegung durch Vergleichung der ältesten mit den

Beobachtungen seiner Zeit zuerst nachgewiesen; allein erst Lagrange und Laplace gelang es, den wahren Grund dieser Erscheinung theoretisch nachzuweisen. Die Ursache derselben ist nämlich hauptsächlich in der säcularen Abnahme der Excentricität der Erdbahn zu suchen. Die störende Einwirkung der Sonne auf den Mond erzeugt im Allgemeinen eine Verminderung der Erdanziehung gegen den Mond, und jene nimmt mit der Verminderung der Excentricität der Erdbahn ab. Die Erdanziehung dem Monde gegenüber wächst also seit den ältesten Zeiten und der Mond läuft schneller um, als dies sonst der Fall sein würde. Laplace hat sich bemüht, die Grösse der Einwirkung der Excentricitätsabnahme der Erdbahn auf die Mondbewegung theoretisch zu bestimmen. Er fand mittels eines abgekürzten Verfahrens für die Zunahme der mittleren Länge des Mondes den Werth von $10{,}7'' \cdot t^2$, wo t die seit 1800 verflossene Anzahl von Jahrhunderten. Dieser, theoretisch gefundene Werth stimmt mit dem, von Hansen bloss aus den Beobachtungen der alten Finsternisse abgeleiteten, von $12{,}2'' \cdot t^2$ genügend nahe überein. In neuester Zeit haben nun aber Adams und Delaunay auf dem Wege der Theorie, indem sie die analytischen Entwicklungen weiter trieben, gefunden, dass Laplace mit Unrecht bei seinem abgekürzten Verfahren mehrere Glieder als unbedeutend nicht berücksichtigte, da diese in der That einen merklichen Werth annehmen. Wird Alles genau in Rechnung gezogen, so ergiebt sich der Coefficient der Säcularvariation der mittlern Mondbewegung gleich 6,11″, statt 10″ oder 12″. Hier scheint also die Theorie mit der Beobachtung im Widerspruch zu sein, denn thatsächlich beträgt die Variation der mittlern Mondbewegung etwa 12″. Den Grund dieser Incongruenz suchen Adams und Delaunay mit vielem Rechte in einer Verlangsamung der Erdumdrehung. Nimmt nämlich die Gesammtdauer von Tag und Nacht zu, so legt der Mond in einem solchen längern Tage natürlich auch ein grösseres Stück seiner Bahn zurück und seine mittlere Bewegung erscheint dadurch beschleunigt. Wenn man mit Adams die Verlangsamung der Erdrotation in den letzten 2000 Jahren zu 0,012 Secunden annimmt, so genügt dies, um Uebereinstimmung zwischen Beobachtung und Theorie hervorzubringen. Die Ursache jener Verlangsamung der Erdrotation ist übrigens der Mond selbst durch die Ebbe und Fluth, welche er hervorruft. Man denke sich den Mond feststehend und die Erde von West nach Ost um ihre Axe rotirend. Ein Berg westlich von dem im Meridiane befindlichen Monde wird in Folge der Anziehung des letztern eine Beschleunigung der Rotation verursachen; hat er den Meridian aber passirt, so bewirkt er aus den nämlichen Gründen eine Verlangsamung von derselben Ordnung. Ein immerfort östlich vom Meridiane des Mondes bleibender Berg wird in Folge der Mondeinwirkung die Erdrotation zu verlangsamen streben. Die Meeresfluth ist als ein solcher stets östlich vom Meridiane des Mondes bleibender Berg zu betrachten. Durch Einwirkung des Mondes auf dieselbe muss also die Umdrehung der Erde sich mit der Zeit verlangsamen.

Eine merkwürdige Störung des Mondes in Breite hat folgenden Ausdruck:

$$\frac{\alpha - \frac{1}{2}k}{2(g-1)} \cdot \sin^2\pi \cdot \sin 2e \cdot \sin \nu,$$

wo α die Abplattung der Erde, k das Verhältniss der Centrifugalkraft zur Schwere unter dem Aequator, π die Horizontalparallaxe des Mondes, e die Schiefe der Ekliptik und ν die Länge des Mondes bezeichnet. Der Werth von $(g - 1)$ ist gleich der jährlichen Knotenbewegung des Mondes, dividirt durch die mittlere Bewegung desselben, also $= 0{,}00402$. Setzt man die bekannten Werthe in die obige Formel ein und betrachtet α oder die Erdabplattung als unbekannt, so hat der Coefficient von $\sin \nu$ folgenden numerischen Ausdruck:

$$\frac{\alpha - \frac{1}{578}}{0{,}00804} \sin^2 57' \cdot \sin \cdot 46^0\, 56'.$$

Dieser nämliche Coefficient wird aber aus den Beobachtungen $= 6{,}5''$ gefunden. Man kann daher α oder die Erdabplattung aus dem vorstehenden Ausdrucke ableiten und findet dafür den Werth von $\frac{1}{334}$ nahe genug dem wahren Werthe $\frac{1}{289}$, wenn man die Schwierigkeit des Gegenstandes bedenkt.

Eine andere Störung in des Mondes Länge hat zum Coefficienten einen Ausdruck, der von der Grösse der Sonnenparallaxe abhängt. Dieser Coefficient ist auch auch aus Beobachtungen bestimmt worden, und Hansen fand daraus rückwärts die Sonnenparallaxe $= 8{,}9159''$, was mit der Wahrheit fast vollkommen genau übereinstimmt.

Gehen wir nunmehr zu den Störungen der Planeten über und erwägen, dass die Grössen der Perturbationen gleichzeitig von den Entfernungen und Massen abhängen, so ergiebt sich sofort, dass im Planetensystem hauptsächlich die von den beiden grossen Planeten Jupiter und Saturn veranlassten Störungen, besonders aber die des erstern zu berücksichtigen sind.

Die mathematische Analyse zeigt, dass, wenn die Umlaufszeiten zweier Planeten sich sehr nahe, wie zwei ganze Zahlen verhalten, wenn sie also in einem rationalen Verhältnisse zu einander stehen, alsdann beträchtliche periodische Störungen von langer Dauer zwischen ihnen statthaben müssen. Die Störungen müssen sich nämlich in diesem Falle, weil beide Planeten periodisch wieder in dieselben Lagen gegen einander kommen, immer mehr anhäufen, und erreichen auf diese Weise einen bedeutenden Betrag. Ein solcher Fall tritt bei den Planeten Jupiter und Saturn ein. Es beträgt die siderische Umlaufszeit Jupiters $4332^3/_5$, jene des Saturn $10759^1/_5$ Tage, beide stehen also fast in dem Verhältnisse von 2 : 5, oder genauer von 29 : 72 zu einander. Die störenden Kräfte, mit welchen in Folge dessen beide Planeten auf ein-

ander einwirken, suchen unmittelbar die grossen Axen der Bahnen der beiden Planeten zu verändern und zwar in der Art, dass die grosse Axe der Jupitersbahn sich verkleinert, wenn jene der Saturnsbahn in Folge der Störung wächst und umgekehrt. Die Periode dieser Störung beträgt 930 Jahre, und zwar wird seit dem Jahre 1562 n. Chr. die Bewegung des Jupiter verzögert, jene des Saturn beschleunigt, und dies wird fortdauern bis zum Jahre 2027, wo Jupiter seine grösste Beschleunigung, Saturn seine grösste Verlangsamung erreicht. Von da ab wird die Bewegung Jupiters wiederum langsamer, und die des Saturn nimmt zu bis zum Jahre 2492, worauf der Cyklus von Neuem beginnt. Uebrigens sind die Aenderungen der Axen nur sehr gering, sie erreichen beim Jupiter kaum $\frac{1}{8000}$, beim Saturn kaum $\frac{1}{1300}$, und würden also durch directe Messung wohl schwerlich erkannt werden können, dagegen offenbaren sie sich deutlich in einer Veränderung der Längen beider Planeten, und hierdurch sind sie in der That auch zuerst durch Halley erkannt worden, während die theoretische Erklärung erst 1785 von Laplace gegeben wurde. Aehnliche, aber kleinere und kürzere Ungleichheiten finden sich auch bei den übrigen Planeten. So verhalten sich z. B. die Umlaufszeiten der Erde und der Venus sehr nahe wie 13 : 8, und dieser Umstand erzeugt eine Störung in der beiderseitigen Bewegung, deren Periode 239 Jahre beträgt. Vier Umlaufszeiten des Merkur sind nahe einer Revolution der Erde gleich, und hieraus entspringt eine Störung von 7jähriger Periode. Uebrigens werden wegen des eben besprochenen rationalen Verhältnisses der Umlaufszeiten je zweier Planeten, nicht bloss die grossen Axen periodisch verändert, sondern auch die Excentricitäten und die Lagen der Perihelien, und es erreicht die Excentricität ihren mittleren Werth, wenn das Perihel seinen Ort am meisten verändert hat, während umgekehrt das Perihel an seinem mittlern Orte sich befindet, wenn die Excentricität im Maximum oder Minimum ist.

Betrachten wir die säcularen Störungen der Planeten, so ergiebt sich, gestützt auf eine Betrachtung, wie wir eine solche bereits oben bei den Mondstörungen anstellten, dass die Knotenlinie der gestörten Bahn auf der störenden immer zurückweichen muss. Bezieht man aber diese Bewegungen auf eine dritte Ebene, so kann die Knotenlinie in dieser sogar voranschreiten, und es erscheint daher nothwendig, allgemein eine fixe Ebene einzuführen und hierauf die Knotenlagen sowohl als die Neigungen der Planeten zu beziehen. Eine solche unveränderliche oder Fundamentalebene hat Laplace nachgewiesen, und auf diese bezogen, ergiebt sich das merkwürdige Gesetz, dass die Summe der Producte jeder Masse in die Quadratwurzel der halben grossen Axe und in das Quadrat der Tangente der Neigung für jede beliebige Zeit constant ist. Die Neigungen der einzelnen Planetenbahnen können daher nur abwechselnd wachsen und abnehmen, überdies auch nur mässige Werthe erreichen.

Was die Excentricitäten der Planetenbahnen anbelangt, so zeigt

die Analyse, dass auch diese stets zwischen mässigen Grenzen eingeschlossen bleiben müssen. Es ergiebt sich auf diesem Wege, dass die Summe der Produkte aus dem Quadrat der Excentricität in die Masse und in die Quadratwurzel der halben grossen Axe für alle Zeiten constant ist. Es kann also niemals die Excentricität einer Planetenbahn ohne eine entsprechende Abnahme bei den anderen Planetenbahnen wachsen und umgekehrt. Die Perioden, innerhalb deren die Excentricitäten der einzelnen Planetenbahnen alle ihnen zukommenden Werthe durchlaufen, sind ungemein gross. So beträgt z. B. der Zeitraum, innerhalb dessen die Excentricität Jupiters von einem Minimum zu einem Maximum aufsteigt und wiederum zu einem Minimum wird, während gleichzeitig die Excentricität der Saturnsbahn von einem Maximum zu einem Minimum herabsinkt und wieder zu einem Maximum steigt, 66,000 Jahre.

Was die Lage der Perihelien, oder was dasselbe sagt, der Absidenlinien der Planeten anbelangt, so müssen sich diese stets in demselben Sinne bewegen, die Längen der Perihelien nehmen fortwährend zu. Dadurch wird im Laufe vieler Jahrtausende indess nur eine geringe Veränderung der Jahreszeiten erzeugt, die z. B. bei unserer Erde direct vollkommen unmerklich sein würde. Wir gelangen nunmehr zur Betrachtung der säcularen Störungen, welche die halben grossen Axen der Planetenbahnen erleiden. Entwickelt man die betreffenden Störungsgleichungen, so findet sich die Differentialgleichung

$$\frac{dn}{dt} = o,$$

wo n die mittlere tägliche Bewegung. Diese letztere ist also constant und die Umlaufszeiten der Planeten werden durch die Störungen nur periodisch geändert, die mittleren Umlaufszeiten aber bleiben constant. Von der Umlaufszeit hängt aber direct die Länge der halben grossen Axe ab; daher sind auch die halben grossen Axen der Planetenbahnen für alle Zeiten unveränderliche Grössen. Diese Schlüsse gelten indess bloss unter der ausdrücklichen Bedingung, dass der Weltraum, innerhalb dessen sich die Planeten bewegen, absolut leer ist. Erleiden aber die Planeten in der Richtung ihrer Bewegung Widerstand, so müssen die halben grossen Axen abnehmen. Ein solcher Widerstand findet nun aber thatsächlich statt.

Schon Newton war geneigt, die Existenz eines die Himmelsräume erfüllenden Mediums annzunehmen; seine Ansicht gründete sich auf das beobachtete Ausströmen der Schweife von Kometen. Loys de Cheseaux 1743 und Olbers 1826 machten darauf aufmerksam, das Sternenlicht müsse bei seinem Durchgange durch den Weltenraum eine bedeutendere Schwächung als im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats der Entfernung erleiden, indem sonst in dem unendlichen Raume kein Punkt existiren könne, der für unsern Anblick nicht durch eine Sonne eingenommen sei und das Himmelsgewölbe daher sonnenartig leuchtend erscheinen müsse. Wenn man nun auch nicht in aller Strenge an eine unendliche Anzahl von Sternen denken kann, so folgt doch aus

der Vergleichung der Anzahl und Helligkeit der Fixsterne, welche dem blossen Auge sichtbar sind, dass deren Licht auf dem Wege zur Erde eine nicht unbeträchtliche Absorption erleidet. Nach Struve's Rechnungen, welche sich auf Helligkeit und Zahl der Sterne zugleich stützen, ergiebt sich, dass das unbewaffnete Auge nur 8 Sternweiten in den Raum einzudringen vermag, während nach Herschel, bei blosser Berücksichtigung der Anzahl der Sterne, dieses Eindringen 12 Sternweiten betragen müsste. Es findet also Absorption statt. Einen weiteren Beweis für das Vorhandensein eines „hemmenden Fluidums" im Weltenraume haben Encke's Untersuchungen der Bewegung des nach ihm benannten Kometen ergeben.

Bringt man bei diesem Kometen den Einfluss der planetarischen Störungen in Rechnung, so findet man nach Encke, wenn $\pm r$ die Zahl der Rückkünfte des Gestirns zum Perihel seit der Normalepoche 1829 Januar 0 bezeichnet, die Dauer t jedes Umlaufs desselben:

$$t = 1211^d,\,3259 - 0^d,\,11176_r = t_{r+1} - t_r.$$

Bezeichnen ferner M_r und M^r die mittlere tägliche Bewegung und mittlere Anomalie für die Zeit t_r, so hat man

$$t_r = 1211^d{,}3818_r - 0^d{,}0558794_r^{\,2},$$
$$M_r = 1069'',852522 + 0'',09870166_r,$$
$$M^r = M^0 + 360^0_r + 59'',7827_r^{\,2}.$$

Den Bewegungsverhältnissen, wie sie sich in diesen Rechnungsresultaten aussprechen, genügt aber am besten, vielleicht sogar ausschliesslich nur, die bereits zu hoher Wahrscheinlichkeit erhobene Annahme eines widerstehenden Mediums. Die Zeit wird lehren, ob sich dessen Wirkungen auch bei anderen Kometen von längerer Umlaufszeit bemerklich machen; bei dem Faye'schen Kometen ist dies nach Axel Möller's letzten Rechnungsrevisionen nicht der Fall.

Uebrigens trägt noch ein anderer Umstand dazu bei, die absolut ewige Constanz des Planetensystems durchaus in Frage zu stellen. Es sind dies die Wirkungen der in wahrhaft unermesslichen Mengen aus den Tiefen des Weltenraumes uns zugehenden Meteore. Wenn diese letzteren durchschnittlich gleich zahlreich nach allen Richtungen hin vertheilt sind, so wird diejenige Hemisphäre eines Planeten am häufigsten von ihnen getroffen, welche sich in der Richtung befindet, nach der hin sich der Planet bewegt. So gering nun auch der Verlust an lebendiger Kraft sein mag, den der Planet durch dieses Zusammentreffen (oder Herabstürzen der meteorischen Massen) erleidet: er wird sich im Laufe der Zeiten summiren und die Umlaufszeit sammt der halben grossen Axe der Bahn verkürzen. Diese Verkürzungen werden für jeden Planeten andere sein. Die Annahme einer durchschnittlich gleichen Häufigkeit der Meteore nach jeder Richtung hin, ist aber vollkommen gerechtfertigt durch die Beobachtungen selbst. Coulvier-Gravier war der Erste, der aus seinen Beobachtungen eine periodische Veränderlichkeit der mittleren stündlichen Häufigkeit der Meteore ableitete, und dieses Resultat ist durch J. Schmidt's Untersuchungen vollkommen bestätigt worden. Jene periodische Verände-

rung der stündlichen Häufigkeit resultirt aber, wie Schiaparelli gezeigt, aus der gleichen Vertheilung und Bewegung der Meteore im Raume und der Bewegung der Erde. Vergl. Sternschnuppen.

Es kann sonach keinem Zweifel unterliegen, dass das Planetensystem in seiner gegenwärtigen Constitution nicht die Elemente einer absolut ewigen Dauer in sich trägt, allein über den Zeitpunkt, wann die Erde oder irgend ein anderer Planet in der Sonne ihr Ende finden werde, lässt sich gegenwärtig nur sagen, dass er um eine Anzahl von Jahrhunderten noch vor uns liegen muss, deren Erfassung jeglicher menschlichen Vorstellungskraft spottet.

Die hohe Ausbildung, welche die Theorie der Störungen in der Gegenwart erlangte, hat es ermöglicht, an ihrer Hand das Vorhandensein eines Planeten in unserm Sonnensysteme nachzuweisen, den als solchen bis dahin kein menschliches Auge erkannt hatte. Der äusserste der gegenwärtig bekannten Planeten, der Neptun, ist von Leverrier theoretisch entdeckt und nach der Anweisung dieses Astronomen von Galle am 23. September 1846 unweit der Stelle, welche die Rechnung ihm anwies, aufgefunden worden. Während bis auf Leverrier von den Astronomen die Aufgabe behandelt wurde: aus den Bahnelementen und den Massen der Planeten die störenden Wirkungen zu berechnen, hat der französische Astronom zuerst und mit Glück das Problem gelöst, aus den Störungen umgekehrt die Bahnelemente und Masse, sowie den Ort des störenden Körpers zu bestimmen. Veranlassung zu dieser schwierigen Aufgabe gaben die Abweichungen, welche der nach den Kepler'schen Gesetzen und der Theorie der Störungen berechnete Ort des Uranus von der Beobachtung zeigte. Die störenden Einwirkungen der bekannten Planeten waren berücksichtigt worden und dennoch fehlte beim Uranus die sonst allenthalben stattfindende Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung. Es entstand hierdurch bei verschiedenen Beobachtern die Vermuthung, dass die Bewegung des Uranus wohl noch von einer Kraft beeinflusst werde, welche man zur Zeit nicht kenne. Schon A. Bouvard sprach in seinen Tafeln der Bewegung des Uranus diese Vermuthung aus, und sein Neffe, Eugen Bouvard, warf 1837 in einem Briefe an Airy bestimmter die Frage auf, ob die Abweichungen in der Uranusbewewung nicht einem jenseits der Bahn desselben befindlichen Planeten zuzuschreiben sein möchten. Im Jahre 1842 stellte die Göttinger Akademie der Wissenschaften eine neue Bearbeitung der Uranustheorie als Preisfrage auf, doch ging keine Beantwortung derselben ein. Um diese Zeit beschäftigte sich Hansen mit dem Probleme, ohne jedoch Gelegenheit zu finden, seine Untersuchung zu Ende zu führen. Bessel hielt Anfangs dafür, dass die Anomalien in der Bewegung des Uranus nicht durch einen jenseits desselben befindlichen Planeten hervorgerufen würden. Allein in seinen letzten Lebensjahren ging er von dieser Ansicht ab und beschäftigte sich sogar ernstlich mit der Aufsuchung dieses Planeten durch Rechnung. Sein allzu früher Tod verhinderte ihn, die Arbeit zu einem übersichtlichen Abschlusse zu bringen.

Dies war der Zustand der Dinge, als Leverrier, von Arago

dazu aufgefordert, im Sommer 1845 seine Bearbeitung der Uranustheorie begann. Die Ergebnisse wurden zuerst in den Sitzungen der Pariser Akademie vom 10. November 1845, 1. Juni, 31. August und 5. October 1846 mitgetheilt, und in den Sitzungsberichten auszugsweise abgedruckt. Eine zweite, ähnliche Veröffentlichung fand in den „Astronomischen Nachrichten“ statt, während die vollständige Abhandlung in der „Connaissance des temps pour 1849" erschien. Leverrier hatte sich, dem Wesen des Problems zufolge, bei seinen Untersuchungen ein weites Ziel gesteckt. Er war gezwungen in seiner Arbeit folgende einzelne Aufgaben zu lösen:

1) Neue, genauere Entwickelungen der Störungen des Uranus durch Jupiter und Saturn, um genaue Örter des Uranus zu erhalten.

2) Neue Reduction von 19 älteren (1690—1771) und 262 neueren Pariser und Greenwicher Meridianbeobachtungen (1781—1845) und deren Vergleichung mit der Theorie unter der Voraussetzung, dass die Uranusbewegung nur durch Jupiter und Saturn gestört wird.

3) Nachweis, dass unter dieser Voraussetzung Beobachtung und Theorie durchaus unvereinbar bleiben und nur durch Annahme eines unbekannten, jenseits des Uranus befindlichen Planeten vereinbar sind.

4) Bestimmung der Bahnelemente des unbekannten Planeten aus den Störungen des Uranus.

5) Nachweis, dass durch Einführung der Störungen eines solchen transuranischen Planeten, die Abweichungen zwischen Beobachtung und Rechnung in der Bewegung des Uranus verschwinden.

Diese sämmtlichen Aufgaben hat Leverrier mit bewundernswürdiger Schärfe durchgeführt. Nachdem die Störungen entwickelt und die Beobachtungen scharf reducirt worden, fanden sich noch immer Abweichungen von 20" bis zu 4" zwischen Rechnung und Beobachtung, welche zu gross sind, um blossen Fehlern zugeschrieben zu werden.

Leverrier zeigte nun weiter, dass diese Anomalien nur unter der Voraussetzung eines transuranischen Planeten sich erklären lassen. Das Titius'sche Gesetz gab einen annähernden Werth für den mittlern Abstand des Planeten von der Sonne und Leverrier schritt nun dazu, die Bahn des unbekannten Wandelsternes genauer zu bestimmen. Die Möglichkeit, diese Aufgabe zu lösen, unterliegt keinem Zweifel; denn da durch die Elemente die Störungen gegeben werden, so muss man auch von diesen auf jene schliessen können und die strenge Auflösung des Problems ist nicht mit unüberwindlichen Schwierigkeiten verknüpft, wenn die gegebenen Störungen als genau und als alleinige Functionen des störenden Planeten angesehen werden können, somit also nur die Elemente des letztern, d. h. fünf unbekannte Grössen zu bestimmen wären. Allein der vorliegende Fall gestattet diese Voraussetzung nicht, da beide Bahnen so von einander abhängig sind, dass alle Elemente gleichzeitig in die betreffenden Gleichungen aufgenommen, also zehn unbekannte Grössen aus den Unterschieden zwischen den beobachteten und berechneten Oertern bestimmt werden müssen. Leverrier ging übrigens nicht darauf ein, das Problem in seiner ganzen

Strenge zu lösen, da in diesem Falle die unvermeidlichen kleinen Beobachtungsfehler zu unbrauchbaren Werthen hätten führen können. Er nahm vielmehr den Planeten als in der Ekliptik laufend an und löste die Aufgabe durch Näherungen und Versuche. Auf diesem Wege gelangte er zu den genäherten Bahnelementen, welche unten mitgetheilt werden und fordert auf Grund derselben Galle in Berlin brieflich auf, den Planeten an dem bezeichneten Orte des Himmels zu suchen.

Noch früher als Leverrier hatte ein junger englischer Geometer, Adams in Cambridge, dieselbe, Aufgabe bearbeitet und Elemente des unbekannten Planeten berechnet, welche er Challis und Airy mittheilte, jedoch nicht publicirte. Challis forschte in der von Adams bezeichneten Region des Himmels nach und fand in der That am 4. August 1846 den Planeten, ohne ihn jedoch als solchen zu erkennen, was erst nach Bekanntwerden der Entdeckung Galle's der Fall war. Nachstehend folgen die Bahnelemente des Neptun, wie sie Leverrier und Adams rein theoretisch und ganz neuerdings Newcomb aus der Gesammtheit aller Beobachtungen, abgeleitet haben.

	Leverrier.	Adams.	Newcomb.
Halbe grosse Axe der Bahn . . .	36,1539	37,24	30,0705
Excentricität . .	0,10761	0,120615	0,0084962
Länge des Perihels	284° 45′ 8″	299° 11′	43° 17, 30,30″
Neigung	—	—	1° 47′ 1,67″
Länge des aufsteig. Knotens . . .	—	—	130° 7′ 31,83″
Masse	$\frac{1}{9322}$	$\frac{1}{6667}$	$\frac{1}{21000}$
Mittlere Länge . .	318° 47′ 4″	323° 2′	335° 5′ 38,91″
Epoche	1847 Jan. 1.	1846 Oct. 6.	1850 Jan. 0.m. Z. Gr.

Die Unterschiede zwischen den theoretisch gefundenen und den aus Beobachtungen bestimmten Elementen sind so bedeutend, dass sogar von Seiten einzelner Astronomen Bedenken geäussert wurden, ob in der That der transuranische Planet durch die Rechnung nachgewiesen oder die Uebereinstimmung des angezeigten Ortes mit dem wahren nicht vielmehr Zufall sei. Diese Bedenken sind übrigens grundlos; es kam hauptsächlich darauf an, den Ort des störenden Planeten am Himmel zu bezeichnen; die weiter abgeleiteten Bahnelemente konnten nur sehr rohe sein, weil sie aus kleinen, mit Beobachtungsfehlern behafteten Grössen hergeleitet werden müssen. Männer, wie Herschel, Airy, Arago, Jacobi und Andere haben nie einen Zweifel in die wahrhaft theoretische Entdeckung des Neptun gesetzt, diese ist vielmehr als ein Triumph der höheren Analyse, der Mechanik des Himmels zu betrachten. Die Bezeichnung des Planeten mit dem Namen Neptun rührt von Leverrier her. Ueber seine Grösse s. Grösse der Himmelskörper, über seinen Trabanten s. Nebenplaneten.

Strahlenbrechung, astronomische. Die Lichtstrahlen der Gestirne, welche aus den Himmelsräumen kommend, auf die Erde treffen, müssen hier in der Atmosphäre ein dichteres Medium durchlaufen, als dasjenige, in welchem sie sich bis dahin bewegten. Es findet daher eine Ablenkung oder Brechung (Refraction) statt, und zwar werden die Lichtstrahlen zum Einfallslothe gebrochen. (Vergl. d. Art. Brechung d. Lichtstrahlen.) In Folge dieser Refraction erscheinen demnach die Gestirne höher über dem Horizonte zu stehen, als dies in Wirklichkeit der Fall ist; sie beschleunigt den Aufgang und verzögert den Untergang der Gestirne. In der nebenstehenden Figur 55 mögen die concentrischen krummen Linien eine Reihe von über einander lagernden Schichten der Atmosphäre vorstellen, deren jede eine gleichförmige Dichte besitzt, während gleichzeitig die darunter liegende dichter als die darüber lagernde ist. Der Strahl l'l gelangt bei der mindest dichten Schicht an und wird hier zum Einfallslothe iC gebrochen, nachdem er die Schicht durchlaufen und in k an der Grenze der nächsten und dichtern ankommt, wird er hier abermals zum Einfallslothe kC gebrochen und so fort bis zur letzten Schicht. Das Resultat ist, dass der Beobachter in B den Strahl nicht in der wahren Richtung l'l, sondern in der Richtung BL erblickt. In der Figur durchläuft der Lichtstrahl eine gebrochene Linie, lässt man aber, wie dies in der That der Fall ist, die concentrischen Schichten der Atmosphäre unendlich nahe an einander rücken, so geht die gebrochene Linie in eine stetig sich ändernde, in eine Curve über, und das Auge erblickt den Lichtstrahl in der Richtung der Tangente des letzten Punktes dieser Curve. Man sieht sofort, dass die Grösse der Refraction ganz unabhängig von der Distanz der Gestirne ist, welche ihr Licht durch die Atmosphäre senden.

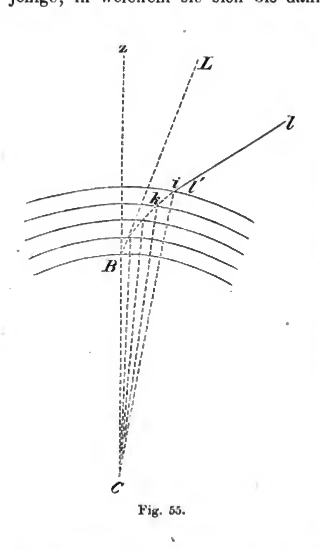


Fig. 55.

Die Refraction nimmt vom Horizonte, wo sie ihren grössten Werth (im Mittel 35′ 6″) erreicht, gegen das Zenith hin ab, wo sie Null wird, doch ist diese Abnahme keineswegs in aller Strenge der Zenithdistanz proportional; auch ist die Refraction selbst für gleiche Zenithdistanzen je nach der Dichte und Temperatur der Atmosphäre verschieden. Die nachstehende Tafel enthält die Grösse der atmosphärischen Refraction

von 5° zu 5° Zenithdistanz für einen Barometerstand von 760mm und eine Temperatur von 10° C.

Scheinbare Zenithdistanz.	Atmosphärische Refraction.	Scheinbare Zenithdistanz.	Atmosphärische Refraction.
5°	5″	50°	1′ 9″
10	10	55	1 23
15	16	60	1 41
20	21	65	2 4
25	27	70	2 39
30	34	75	3 34
35	41	80	5 20
40	49	85	9 54
45	58	90	33 46

Man sieht aus dieser Tafel, wie schnell die Refraction gegen den Horizont hin wächst. In der Nähe desselben, in Zenithdistanzen von mehr als 80° ist es überhaupt schwierig, theoretisch den genügend genauen Betrag der Refraction anzugeben, weil hier die meteorologischen Vorgänge in der Atmosphäre einen sehr grossen und veränderlichen Einfluss ausüben, weshalb die Astronomen Beobachtungen sehr nahe am Horizont möglichst vermeiden.

Der Erste, der das Vorhandensein einer Ablenkung des Lichtstrahls in der Atmosphäre annahm, war Cleomedes, doch berücksichtigte praktisch erst Tycho den Einfluss der Refraction auf die Beobachtungen. Tobias Mayer gab genauere Refractionstafeln, aber erst Laplace und Bessel lösten das schwierige Problem in einer Weise, die den gesteigerten Anforderungen der modernen Beobachtungskunst entspricht.

Die schnelle Zunahme der Refraction mit der Zenithdistanz in der Nähe des Horizonts bewirkt, dass Sonne und Mond bei ihrem Untergange und Aufgange eine abgeplattete Gestalt annehmen, die für das blosse Auge wahrnehmbar ist. Diese beiden Gestirne besitzen nämlich einen Durchmesser von etwa $^1/_2{}^0$, nun beträgt die Refraction am Horizont ungefähr 35′, in $^1/_2{}^0$ Höhe über demselben nur 31′, der untere Rand von Sonne und Mond wird also mehr gehoben als der obere, und aus der Kreisgestalt muss demnach eine elliptische werden. Der Refraction ist ferner die Erscheinung zuzuschreiben, dass bisweilen der verfinsterte Mond gleichzeitig mit der Sonne über dem Horizonte gesehen wird, während in der That, wie aus der Theorie der Finsternisse (s. d.) folgt, der verfinsterte Mond in Wirklichkeit nie zugleich mit der Sonne über dem Horizonte sein kann. Er ist in jenen Fällen bloss scheinbar über denselben gehoben.

Auch durch blosse Beobachtung lässt sich die Grösse der Refraction für eine beliebige Zenithdistanz bestimmen. Littrow bemerkt hierüber Folgendes:

„Ist H die Summe der grössten und kleinsten Höhe eines Circumpolarsterns, und R die Summe der diesen Höhen entsprechenden Refrac-

tionen, so ist die scheinbare Polhöhe = $\frac{1}{2}$H und die wahre = $\frac{1}{2}$(H—R). Für einen andern, weiter vom Pole abstehenden Stern seien diese Summen H′ und R′, so werden dann wieder die beiden Polhöhen $\frac{1}{2}$H′ und $\frac{1}{2}$(H′ — R′) sein, also ist

$$H' - R' = H - R,$$

und da aus den Beobachtungen die Differenz H′ — H der scheinbaren Polhöhen gegeben ist, so kennt man die Differenz R′ — R′ der Summen der zwei letzten Refractionen über die Summen der zwei ersten, nämlich:

$$R' - R = H' - H.$$

Hätte man z. B. beoachtet

des Polarsterns	grösste Höhe	= 50°	14′	18″	= h,
„ „	kleinste „	= 46	49	45	= h,
α Persei	grösste „	= 89	20	40	= h′,
„ „	kleinste „	= 7	48	28	= h′,

so ist aus dem ersten

$$H = 97^0\ 4'\ 3'',$$

aus dem zweiten

$$H' = 97^0\ 9'\ 8'',$$

also auch

$$R' - R = 5'\ 5'' = 305''.$$

Wäre das Verhältniss dieser Refractionen zu einander bekannt, so könnte man die Refractionen selbst finden. Es verhalten sich aber in nicht zu kleinen Höhen die Refractionen wie die Tangenten der scheinbaren Zenithdistanzen, also ist:

(cotang h′ + cotang h′) — (cotang h + cotang h) : cotang h
= 305″ : 48,6″ Refraction für 50° 14′ scheinbare Höhe,

(cotang h′ + cotang h′) — (cotang h + cotang h) : cotang h
= 305″ : 54,8″ für 46° 50′,

und ebenso findet man:

0,6″ Refraction für 89° 21′ scheinbare Höhe und 6′ 47,8″ Refraction für 7° 48′ scheinbare Höhe. Also ist auch R = 1′ 43,4″, R′ = 6′ 48,4″ und H — R = 97° 2′ 19,6″, H′ — R′ = 97° 2′ 19,6″ und deren Hälfte giebt die gesuchte Polhöhe = 48° 31′ 9,8″. Aber wahre Höhe von α Persei = h′ — 0,6″ = 89° 20′ 39,4″, Polardistanz von α Persei = 40° 49′ 29,6″. Fällt eine dieser Höhen auf die Südseite vom Zenith, so ist ihre Cotangente negativ.

Kennt man aber die Polhöhe des Beobachtungsortes und die Declination des beobachteten Sterns, so lässt sich aus jeder beobachteten Höhe des Sterns, wenn man sie mit der berechneten vergleicht, die dieser Höhe entsprechende Refraction ableiten. Wiederholungen und allmälige Correction sind hier freilich unvermeidlich, da die Bestimmung der Polhöhe schon die Kenntniss der Refraction voraussetzt."

Struve, Friedrich Georg Wilhelm von, berühmter Astronom, geb. am 15. April 1793 zu Altona, gest. am 24. Nov. 1865 zu Petersburg, wurde bereits 1813 zum ausserordentlichen Professor der Astronomie und

Observator der Sternwarte zu Dorpat, 1820 zum Director derselben ernannt. Durch seine Bemühungen hauptsächlich erhielt Dorpat den grossen Refractor. Seit 1839 war Struve Director der grossen Nicolai-Sternwarte in Pulkowa. Struve's Arbeiten beziehen sich hauptsächlich auf die Doppelsterne; sein Werk Mensurae micrometricae stellarum duplicium et multiplicium ist das Hauptwerk der Gegenwart über Doppelsterne. Nicht minder grossartig ist die unter seiner Leitung hauptsächlich ausgeführte grosse russische Gradmessung, welche sich vom Eismeere bis zum Schwarzen Meere erstreckt und einen Bogen von 25° 31′ umfasst. Struve war ein ungemein scharfer und vorsichtiger, dabei wahrhaft unermüdlicher Beobachter und hierin Bessel vergleichbar, wenngleich diesem an tiefer Kenntniss der Theorie nachstehend.

Struve, Otto Wilhelm von, Sohn des Vorhergehenden, geb. am 25. April (a. St.) 1819 zu Dorpat, folgte seinem Vater nach dessen Tode in der Direction der Nicolai-Sternwarte.

Stunde wird der 24. Theil des Tages genannt und in der Astronomie durch ein an den Kopf der betreffenden Zahl gesetztes h (hora) bezeichnet z. B. Stunde 8 = 8^h. Die Dauer der Stunde ist etwas verschieden je nachdem der mittlere Sonnentag oder der Sterntag die Einheit bildet und man unterscheidet hiernach Stunden mittlerer Sonnenzeit und Stunden Sternzeit.

Stundenkreis heisst jeder grösste Kreis der Himmelskugel, welcher durch beide Pole geht und den Aequator senkrecht schneidet, dessen Durchmesser also die Weltaxe ist. Man kann sich natürlich durch jeden beliebigen Stern einen Stundenkreis gelegt denken und dieser ist identisch mit dem Abweichungskreise des betreffenden Gestirns.

Stundenwinkel wird der Winkel genannt, welchen der Stundenkreis eines Sternes mit dem Meridian macht. Man misst die Stundenwinkel auf dem Aequator. Drückt man den Stundenwinkel eines Sternes in Zeit aus, so gibt diese Zeit an, wie viele Stunden und Bruchtheile desselben, seit dem letzten Durchgange des Sternes durch den Meridian verflossen sind.

Süden s. Mittag.

Svanberg, Gustav, geb. am 22. Januar 1802 in der schwedischen Provinz Wermeland, veranlasste den Bau der neuen Sternwarte in Upsala, deren Director er 1836 wurde. Im Verein mit Ovferboom führte er 1801 bis 1803 zwischen Pastawara und Malörn eine Gradmessung aus.

Synodischer Monat s. Monat.

Synodische Umlaufszeit eines Planeten oder des Mondes wird das Zeitintervall von einer Opposition oder Conjunction bis zur nächsten genannt. Nennt man die siderische Umlaufszeit der Erde T, jene eines andern Planeten t, so ist die synodische Umlaufszeit t′ dieses Planeten

$$t' = \frac{Tt}{t-T}$$

Syzygien werden in gemeinschaftlicher Bezeichnung die Conjunctionen und Oppositionen, besonders unseres Mondes, genannt, während entsprechend das erste und letzte Viertel als Quadraturen bezeichnet werden.

Tag wird die durch eine scheinbare Umdrehung des Himmels bezeichnete Zeitdauer genannt, dann auch (im Gegensatze zur Nacht) die Dauer des Verweilens der Sonne über dem Horizont.

Der astronomische Tag oder Sterntag, ist die Zeit einer Axenumdrehung der Erde und wird bestimmt durch die Rückkehr eines und desselben Fixsterns zum Meridiane. Die Dauer des Sterntages kann für unsere Beobachtungen als vollkommen unveränderlich betrachtet werden, denn in etwa 170,000 Jahren erst verlangsamt sie sich um 1 Secunde. Der mittlere Sonnentag ist ebenfalls innerhalb der Grenzen unserer Beobachtung constant; seine Abweichung vom wahren Sonnentage kann Ende Dezember und Mitte September auf $^1/_2$ Minute steigen.

Der Tagesanfang wird in der Astronomie auf den Mittag verlegt und man zählt die Stunden von Mittag zu Mittag bis 24. In der bürgerlichen Rechnung dagegen, fängt der Tag mit der Mitternachtsstunde an und man zählt bis Mittag 12 Stunden um von da ab die Zählung wieder mit 1 zu beginnen, so dass auf Mitternacht die 12te Stunde fällt.

Die Tagesdauer, soweit sie durch das Verweilen der Sonne über dem Horizonte bedingt wird, ist keineswegs für alle Zeiten und Orte von gleicher Dauer, indem sie von der jeweiligen Deklination und Polhöhe abhängt. Die Berechnung der Tagesdauer s. in d. Art. Ascensionaldifferenz.

Tagbogen wird der Weg (Tagkreis) genannt, den ein Gestirn im Verfolge seines täglichen Umschwunges um die Erde, über dem Horizonte beschreibt. Diejenigen Sterne, deren Tagkreis mit dem Aequator zusammenfällt, beschreiben einen Tagbogen von 180°. Der Tagbogen aller Gestirne, welche eine geringere Poldistanz haben als die geogr. Breite eines Ortes beträgt, besitzen für diesen Ort einen Tagbogen von 360°, d. h. sie beschreiben ihre ganze Bahn über dem Horizonte.

Tagkreise heissen die dem Aequator parallelen Kreise, welche die Gestirne in Folge ihrer täglichen Bewegung beschreiben. Ist die Poldistanz eines Gestirns grösser als die geographische Breite eines gegebenen Ortes, so wird der Tagkreis dieses Gestirns durch den Horizont in zwei Theile, in einen Tagbogen und einen Nachtbogen getheilt, von denen der erstere über, der letztere unter dem Horizont dieses Ortes beschrieben wird.

Tangentialkraft, Centrifugalkraft, Schwungkraft, s. d. Art. Centralbewegung und Schwungkraft.

Tautochronische Erscheinungen sind diejenigen, welche für alle Beobachter in demselben absoluten Momente stattfinden, z. B. die Mondfinsternisse, die Verfinsterungen der Jupitersmonde.

Taylor, Thomas Granville, geb. am 22. November 1804 zu Ahsburton in Devonshire, gest. am 4. Mai 1848 zu Southampton, ward 1822 Assistent an der Sternwarte zu Greenwich und 1830 Director der Sternwarte in Madras. Der von ihm nach den Beobachtungen in Madras angefertigte Fixstern-Katalog enthält 11015 Sterne.

Telescop s. Fernrohr und Spiegeltelescop.

Tellurium nennt man ein Modell, welches die Erscheinungen versinnlicht, die unsere Erde bei ihrem Jahreslauf um die Sonne darbietet. Vgl. Planetarium.

Tempel, Ernst Wilhelm Leberecht, geb. am 4. December 1821 zu Nieder-Cunersdorf in der Ober-Lausitz, Lithograph und dabei eifriger astronomischer Beobachter, so dass er 1861 als Adjunkt der Sternwarte nach Marseille berufen wurde. Er entdeckte am 19. October 1859 den grossen aber ungemein schwachen Nebel, der die Plejaden überzieht, ferner die Planeten Angelina (am 5. März 1861), Cybele (am 9. März 1861), Galatea (am 29. August 1862), Terpsichore (am 30. September 1864), Clotho (am 17. Februar 1868), dann die Kometen von 1859, V 1860, IV 1863, II 1864, I 1866, I 1868, II 1869.

Thales, berühmter griechischer Philosoph, geb. 639 vor Chr., gest. 548 v. Chr., lebte in Jonien und Egypten, erkannte die kugelförmige Gestalt der Erde und soll die erste Sonnenfinsterniss vorausgesagt haben.

Theodolit wird ein in der Geodäsie vielfach gebrauchtes Winkelmessinstrument genannt, mittels dessen man sowohl horizontale als verticale Winkel messen kann. Dasselbe besteht hauptsächlich aus einem horizontalen Kreise zum Messen der horizontalen Winkel und einem Verticalkreise zum Messen der Höhenwinkel. An der Axe des letztern ist ein Fernrohr angebracht, mittels dessen man auf den Gegenstand einstellt. Hauptsächlich wird dieses Instrument zum Messen von horizontalen Winkeln benutzt, weshalb auch der hierzu dienende Kreis meist mit besonderer Sorgfalt angefertigt ist. Sehr grosse Aehnlichkeit in Bau und Benutzung besitzt das Theodolit mit dem Multiplicationskreise (s. d.).

Thierkreis, Zodiakus, wird die der Ekliptik parallele, zu beiden Seiten derselben befindliche Zone genannt, innerhalb deren sich Sonne und Mond sowie die älteren Planeten stets bewegen. Dieser Gürtel des Himmels wird in 12 gleiche Theile oder Zeichen getheilt, die in der Reihenfolge vom Frühlingspunkt gegen Ost gezählt, folgende sind:

Widder	♈	von	0— 30°	Länge	Waage	♎	v.	180—210°	Länge
Stier	♉	„	30— 60	„	Skorpion	♏	„	210—240	„
Zwillinge	♊	„	60— 90	„	Schütze	♐	„	240—270	„
Krebs	♋	„	90—120	„	Steinbock	♑	„	270—300	„
Löwe	♌	„	120—150	„	Wassermann	♒	„	300—330	„
Jungfrau	♍	„	150—180	„	Fische	♓	„	330—360	„

Die Benennung Thierkreis stammt daher, dass die meisten diesr

12 Zeichen von Thieren hergenommen sind. Wie alt diese Zeichen sind und wer den Thierkreis angeordnet, ist gegenwärtig mit Sicherheit nicht mehr nachzuweisen. An mehreren Orten Egyptens hat man Thierkreise gefunden, denen man ein hohes Alter zuschreiben zu müssen glaubte, so besonders dem Thierkreise von Denderah. Neuere Untersuchungen haben aber das Unrichtige dieser Ansichten dargethan.

Man muss wohl zwischen den Zeichen und den Sternbildern des Thierkreises unterscheiden. Denn aus Gründen, welche in dem Art. Vorrücken der Nachtgleichen näher erörtert werden, befindet sich z. B. die Sonne im Zeichen des Widders, während sie im Sternbild der Fische steht, sie steht im Zeichen des Stieres, während sie im Sternbild des Widders sich befindet u. s. w.

Thierkreislicht, Zodiakallicht, wird der kegelförmige, fast in der Ekliptik liegende Lichtschimmer genannt, den man in mondscheinfreien Nächten im Frühlinge bald nach Sonnenuntergang, im Herbste vor Sonnenaufgang wahrnehmen kann. Der erste Beobachter dieser merkwürdigen Erscheinung war Tycho Brahe gegen Ende des sechzehnten Jahrhunderts, aber erst seitdem 1683 Dominicus Cassini auf die Erscheinung aufmerksam machte, wurde das Thierkreislicht der Gegenstand allgemeiner Aufmerksamkeit. Die Beobachtungen ergeben, dass die äusserste Spitze des Thierkreisschimmers bisweilen mehr als 90° vom Centrum der Sonne entfernt ist, gewisse Theile dieses Phänomens müssen daher weiter als die Erde von der Sonne entfernt sein, müssen sich mit andern Worten über die Erdbahn hinauserstrecken, indem nur in diesem Falle jener Winkel am Erdmittelpunkte 90° übersteigen kann.

Die Helligkeit des Thierkreislichtes scheint periodischen Schwankungen unterworfen zu sein. Einzelne Beobachter haben zu Zeiten, dem gewöhnlichen Zodiakallicht gegenüber, einen sogenannten Gegenschein bemerkt und selbst Verzweigungen über einen grossen Theil des Himmels wahrgenommen.

Es hat seine Schwierigkeiten, aus den bis jetzt vorliegenden Beobachtungen, die wahre Gestalt und Lage des Thierkreislichtes abzuleiten. Dass die pyramidale Form nur eine scheinbare und eine Projection der wahren, scheiben- oder ringförmigen Gestalt ist, unterliegt keinem Zweifel. Schwieriger aber bleibt es, zu entscheiden, ob man es in der That mit einer flachgedrückten, linsenartigen Scheibe, gleichsam der erweiterten Sonnenatmosphäre, oder mit einem grossen, freischwebenden, mildleuchtenden Ringe von dunstartiger Materie zu thun hat. Der erstern Hypothese stehen mehrere gewichtige Bedenken entgegen. Eine angenommene Sonnenatmosphäre kann in Folge der mit zunehmender Entfernung vom Sonnenmittelpunkte schnell wachsenden Schwungkraft bei abnehmender Schwere, sich kaum bis zu 0,436 des Merkur-Abstandes erstrecken. Ueber diese Distanz hinaus kann die Anziehung des Sonnenkörpers der Schwungkraft nicht mehr das Gleichgewicht halten; die einzelnen Theilchen müssen vielmehr nach der Tangente der Bewegungsrichtung hin entweichen und sich entweder zu kugelförmigen Planeten ballen, oder als zusammenhängende Ringe einen

selbständigen Umlauf fortsetzen. Dieses letztere könnte nun in der That der Fall sein, und das Zodiakallicht besteht vielleicht aus einem flachen, nur wenig gegen die Ebene der Erdbahn geneigten dunstartigen Ringe, der zwischen der Venus- und Marsbahn frei im Weltraume schwebt und durch welchen die Erde in ihrem jährlichen Umlaufe um den Anfang des Jahres herum hindurchgeht.

Schon im Jahre 1856 hat Professor Heis die Ansicht ausgesprochen, das Zodiakallicht möge vielleicht ein nebelartiger Ring sein, der innerhalb der Mondbahn um die Erde circulire. Später gelangte ein anderer thätiger Beobachter des Phänomens, Jones, zu einem ähnlichen Resultat.

Neuere Beobachtungen von Heis und Schmidt scheinen sich aber doch nicht ganz mit dieser Hypothese zu vertragen, wenigstens dann nicht, wenn man dem Zodiakallichte eigene Lichtentwickelung absprechen wollte.

Titius, Johann Daniel, geb. am 2. Januar 1729 zu Konitz in Westpreussen, gest. am 16. Dezember 1796 zu Wittenberg, woselbst er seit 1756 Professor der Mathematik und später der Physik war, schrieb viel Mathematisches, Physikalisches und Meteorologisches; in seiner Uebersetznng von Bonnet's Betrachtungen über die Natur findet sich die vielgenannte Progression der Planetenabstände, die indess schon früher bei Chr. Wolf vorkommt.

Titius'sches Gesetz wird die Zahlenreihe genannt, welche sich näherungsweise in den Abständen der Planeten ausspricht. Setzt man nämlich den Abstand des Saturn = 100, so sind die Abstände des Planeten annähernd: für Merkur = 4, für Venus = 4 + 3, für die Erde = 4 + 6, für Mars = 4 + 12, für die kleinen Planeten = 4 + 24, für Jupiter = 4 + 48. Auch für den Uranus stimmt die Reihe noch einigermaassen, dagegen weicht sie beim Neptun fast um $^1/_4$ ab. Wurm hat die Reihe der Wirklichkeit noch etwas mehr mehr angepasst, indem er sie in folgender Gestalt schrieb:

Merkur	387	Theile		
Venus	387	„	+ 1 · 293 =	680
Erde	387	„	+ 2 · 293 =	973
Mars	387	„	+ 4 · 293 =	1559
Kleine Planeten .	387	„	+ 8 · 293 =	2731
Jupiter . . .	387	„	+ 16 · 293 =	5075
Saturn	387	„	+ 32 · 293 =	9763
Uranus	387	„	+ 64 · 293 =	19139
(Neptun) . . .	387	„	+ 128 · 293 =	37891

Aber auch in dieser Gestalt bleiben noch beträchtliche Abweichungen übrig. Es ist klar, dass bei Bildung des Planetensystems obiges Gesetz durch irgend eine Ursache bedingt, maassgebend für die Distanzen der Planeten war, dass aber daneben andere Einflüsse sich geltend machten, welche die Abstände um geringe Beträge veränderten.

Toaldo, Giuseppe, geb. am 11. Juli 1719 zu Pianezzo bei Vi-

cenza, gest. am 11. November 1797 zu Padua, als Professor der Astronomie und Meteorologie. Sehr viel Aufsehen machten seiner Zeit die Untersuchungen Toaldo's über den Einfluss des Mondes auf die Witterung.

Toricelli, Evangelista, geb. am 15. October 1608 zu Piancaldoli, gest. am 25. October 1647 zu Florenz, studirte in Rom Mathematik, ging 1641 nach Florenz zu Galilei und wurde dessen Nachfolger in allen Aemtern desselben; 1641 erfand er das Barometer und entdeckte die unregelmässigen Schwankungen des Luftdrucks; auch um die Verbesserung der Fernrohre erwarb er sich Verdienste.

Toscanelli, Paulo, geb. 1397 zu Florenz, gest. ebenda am 15. Mai 1482, ein scharfsinniger in allem Wissen wohl erfahrener Arzt, der 1474 dem Columbus brieflich die Idee vorlegte, die Ostküste Asiens durch eine Fahrt nach Westen zu erreichen, und dadurch indirect Vieles zur Entdeckung Amerikas beitrug. Im Dome zu Florenz errichtete er einen grossen Gnomon.

Trabanten s. Nebenplaneten.

Triesnecker, Franz von Paula, geb. am 2. April 1745 zu Kirchberg in Oesterreich, gest. am 29. Januar 1817 zu Wien, trat in den Orden der Jesuiten, wurde 1781 Adjunct und 1793 Director der Sternwarte zu Wien, machte sich besonders durch Berechnung der Beobachtungen von Sternbedeckungen verdient.

Tropicus, s. Wendekreis.

Tropisches Jahr wird die Umlaufszeit der Erde mit Beziehung auf den Frühlingspunkt genannt. Vgl. Jahr.

Tropische Umlaufszeit wird das Zeitintervall zwischen zwei aufeinanderfolgenden Rückkünften eines Planeten zu demselben (beweglichen) Aequinoctialpunkte genannt.

Troughton, Edward, berühmter Mechaniker, geb. im October 1753 im Kirchspiel Corney in Cumberland, gest. am 12. Juni 1835 zu London, war ursprünglich zum Landmanne bestimmt, trat aber 18 Jahre alt bei seinem Bruder, einem Londoner Mechaniker, in die Lehre, associrte sich später mit ihm und setzte nach dessen Tode das Geschäft zuerst allein, dann mit W. Simms fort. Die astronomischen Instrumente Troughtons zeichnen sich durch neue, verbesserte Einrichtungen und hohe Vollendung aus.

Tschirnhausen, Ehrenfried Walther, Graf von, geb. am 10. April 1651 zu Kieslingswalde bei Görlitz, gest. am 11. October 1708 zu Dresden, zog sich, nachdem er grössere Reisen durch Europa gemacht, auf seine Güter zurück und lebte hier ganz der Wissenschaft. Besonderes Aufsehen erregten seine Versuche mit Brennspiegeln von colossalen Dimensionen.

Tyndall, John, berühmter englischer Physiker, Nachfolger Faraday's, geb. am 21. August 1820 zu London, studirte in Marburg und

Berlin, wurde 1853 Professor der Physik an der Royal Institution zu London. Seine Arbeiten erstrecken sich hauptsächlich auf die Erscheinungen der Wärme und des Lichtes.

Ulloa, Don Antonio de, geb. am 12. Januar 1716 zu Sevilla, gest. am 5. Juli 1795 zu Isla de Leon bei Cadix, nahm als Vertreter Spaniens an der französischen Gradmessung in Peru theil, kehrte 1746 zurück, gerieth in englische Gefangenschaft, wurde indess in London sofort in Freiheit gesetzt und zum Mitgliede der Royal Society gewählt, bereiste einen grossen Theil Europas und wurde 1766 zum Gouverneur von Louisiana ernannt. Im Jahr 1780 trat er aus dem activen Dienste aus.

Ulug Beigh, Mirza Mohamed, geb. 1394, gest. 1449, Fürst von Samarkand, Enkel Tamerlan's, ein eifriger Beförderer der Astronomie, der selbst Beobachter war und eine Anzahl vortreffliche astronomische Bücher schrieb.

Umdrehung, Axendrehung, s. Rotation.

Umlaufszeit bezeichnet die Zeitdauer, welche ein Himmelskörper gebraucht, um bei seiner Bewegung um einen Centralpunkt seine Bahn von einem gewählten Anfangspunkte bis wieder zu demselben zu durchlaufen. Siderische Umlaufszeit eines Planeten ist die wahre Zeitdauer seiner einmaligen Bewegung um die Sonne; tropische Umlaufszeit heisst seine Revolutionsdauer von einem Aequinoctialpunkte bis wieder zu demselben; die Zeit von einer Opposition oder Conjunction eines Planeten bis zur nächsten, heisst seine synodische Umlaufszeit, während die Zeitdauer von einer Sonnennähe (oder Sonnenferne) irgend eines Planeten bis zu seiner nächsten, anomalistische Umlaufszeit genannt wird.

Universalinstrument wird ein astronomisches Instrument genannt, welches man gleichzeitig als Meridiankreis, Repetititionskreis und Theodolit gebrauchen kann. Dieses Instrument, das in besonderer Vorzüglichkeit zuerst von Repsold in Hamburg gebaut wurde, zählt zu den schönsten Werken der höhern Mechanik. Gegenwärtig bauen J. Ertel & Sohn in München, die Besitzer des Reichenbach'schen Instituts, ausgezeichnete Instrumente dieser Art. Ein solches mit 20zölligem Horizontalkreise und 15zölligen Höhenkreisen, wovon der eine als Aufsuchungskreis dient, und durch einen Nonius 1 Minute ablesen lässt, während beim Horizontalkreise die Ablesung durch 4 und beim Höhenkreise durch 2 Microscope Bruchtheile der Secunde gibt, kostet mit einem (gebrochenen) Fernrohre von 34 Linien Oeffnung und 28 Zoll Brennweite, 2 Ocularen, 1 Sonnenglase, beweglichem Ocularfaden etc. 2800 Gulden. Das Instrument hat ein Versicherungsfernrohr von 24''' Oeffnung und 24'' Brennweite, 2 Libellen, eine auf der Axe und die andere rechtwinklig zu dieser an dem verticalen Microscopenträger befestigt, wodurch die unveränderliche Stellung des Instruments während der Beobachtung nach beiden Richtun-

gen controllirt wird. Die kleinsten Universalinstrumente von Ertel & Sohn besitzen 6-zölligen Horizontal- und $4\frac{1}{2}$-zölligen Verticalkreis welche 10 Secunden abzulesen gestatten. Das gerade Fernrohr hat 10‴ Oeffnung und 8″ Brennweite und ist am Ende der Axe befestigt. Das Sicherheitsfernrohr hat dieselben Dimensionen. Das Instrument besitzt 2 Libellen. Preis 400 Gulden.

Untere Planeten werden diejenigen Planeten genannt, deren Bahnen von der Erdbahn umschlossen sind, also die Planeten Mercur und Venus. Den Gegensatz hierzu bilden die oberen Planeten, deren Bahnen die Erdbahn umschliessen.

Untergang der Gestirne nennt man das Verschwinden derselben unter dem Horizonte infolge der täglichen Umdrehung des Himmels. Berechnet man aus der Ascensional-Differenz (s. d.) den halben Tagbogen eines Gestirns, so ergiebt sich die Zeit seines Untergangs = Zeit der Culmination + dem in Zeit ausgedrückten halben Tagbogen. Uebrigens bewirkt die Strahlenbrechung, dass alle Gestirne etwas länger über dem Horizonte sichtbar bleiben, ihr Aufgang also verfrüht und ihr Untergang verspätet wird. Bei Gestirne, welche ihren Ort am Himmelsgewölbe schnell verändern, muss man bei Berechnung ihrer Auf- und Untergänge überdies auf jene Eigenbewegung Rücksicht nehmen. Für alle Orte zwischen den Polen und dem Aequator gehen alle diejenigen Gestirne nicht unter, deren Declination kleiner als die Aequatorhöhe des Beobachtungsortes ist. Vgl. d. Art. Aufgang.

Uranus heisst der von Herschel am 13. März 1781, Abends zwischen 10 und 11 Uhr zu Bath bei London zufällig entdeckte Planet jenseits des Saturn. Die Bahnelemente dieses Gestirn sind:

Mittlere Entfernung von der Sonne oder halbe grosse Bahnaxe = 19,182639, oder 384 Millionen Meilen. Excentricität: 0,046611, daher grösste Entfernung von der Sonne 400, kleinste 363 Millionen Meilen.

Umlaufszeit: $30686^{82}/_{100}$ Tage oder 84 Jahre 5 Tage 19^h 42^m,
Länge des Perihels (für 1800): 167° 30′ 22,6″,
Länge des aufsteigenden Knotens: 72° 59′ 14,1″,
Neigung der Bahn gegen die Ekliptik 0° 46′ 28,4″,
Das Perihel rückt tropisch jährlich um 53,3″, der aufsteigende Knoten um 18,3″ vor, während die Bahnneigung um 0,02″ zunimmt.

Die ersten Beobachtungen des Uranus liessen es noch unbestimmt, ob man es, wie anfänglich Herschel selbst glaubte, mit einem Kometen zu thun habe; erst Laplace erkannte die Nothwendigkeit das Gestirn als Planeten anzusehen, worauf ihm Herschel den Namen Georgium sidus, Bode die Benennung Uranus beilegte; letztere allein hat sich erhalten.

Uranus ist im vergangenen Jahrhundert vor Herschel mehrfach beobachtet, aber stets für einen Fixstern gehalten worden. Lemonnier z. B. hat den Planeten 12 Mal beobachtet und dieser Astronom würde schon 1769 die planetarische Natur des Uranus erkannt haben,

wenn seine Betrachtungsjournale nicht ein Bild des Chaos gewesen wären. Arago erzählt, dass eine der Beobachtungen des Uranus auf einer Papierdüte geschrieben stand, welche ehedem Haarpuder enthielt.

Die scheinbare Helligkeit des Uranus ist 6. bis 7. Grösse, sein Winkeldurchmesser in mittlerer Entfernung von der Erde beträgt etwa 4″, auch hat Mädler in den Jahren 1842 und 1843 eine beträchtliche Abplattung ($^1/_{10}$) des Planeten gefunden, während andere Beobachter davon schweigen. Der wahre Durchmesser des Uranus ist im Mittel etwa 7500 Meilen, sein Volum 87 Mal grösser als das Volum der Erde und seine Masse nach Lassell's Trabantenbeobachtungen $\frac{1}{20{,}600}$ der Sonnenmasse. Hieraus folgt die mittlere Dichte = 0,23 von jener der Erde, also etwa der mittlern Dichte der Sonne gleich. Streifen oder Flecke sind auf der kleinen, bleichen Scheibe des Planeten noch nicht wahrgenommen worden, über seine Rotationsdauer wissen wir also nichts.

Ueber die Trabanten des Uranus s. Nebenplaneten.

Utzschneider, Joseph von, geb. am 2. März 1763 zu Rieden in Oberbaiern, gest. am 31. Januar 1840 zu München, gründete 1804 mit Reichenbach und Liebherr das mechanische Institut und 1809 mit Reichenbach und Fraunhofer das berühmte optische Institut, welches noch in München blüht. Von 1818 bis 1821 war er Bürgermeister von München.

Valz, Jean Elix Benjamin, geb. am 28. Mai 1787 zu Nîmes, beobachtete bis 1836 auf seiner Privatsternwarte zu Nîmes und hielt astronomische Vorlesungen an der Facultät der Wissenschaften zu Montpellier; in jenem Jahre wurde er zum Director der Sternwarte in Marseille ernannt.

Variation des Mondes, heisst die von Tycho Brahe gegen 1590 entdeckte grosse Ungleichheit in der Mondbewegung, welche ihren grössten Werth in den vier Octanten besitzt und in den Syzygien und Quadraturen verschwindet. Die Ursache der Variation ist darin zu suchen, dass die Tangentialkraft des Mondes durchgängig in den Syzigien am grössten, in den Quadraturen am geringsten ist. Wenn der Mond von der Conjunction gegen das erste Viertel rückt, so vermindert sich, in Folge der Anziehung der Sonne, seine Winkelbewegung beträchtlich, sie nimmt aber wieder zu vom ersten Viertel bis zum Vollmonde; vom Vollmonde bis zum letzten Viertel nimmt sie abermals ab und wächst hierauf bis zum Neumonde. Der wahre Ort des Mondes muss demnach im ersten Quadranten seiner Bahn dem mittlern voraus sein, ebenso im dritten, während er in den beiden übrigen Quadranten hinter demselben zurückbleibt. Nennt man l die Länge des Mondes und L die Länge der Sonne, so ist der Ausdruck für die Variation: $2100'' \cdot \sin 2(l-L)$; man sieht hieraus sofort, dass die Periode dieser Störung $14^3/_4$ Tage oder der halbe synodische Monat ist.

Venus, Morgenstern, Abendstern, heisst der Planet, dessen Bahn unmittelbar von der Erdbahn umschlossen wird. Er glänzt mit hellem aber nicht funkelndem Lichte und entfernt sich nie mehr als 48° westlich oder östlich von der Sonne; im erstern Falle ist er in der Morgendämmerung sichtbar und führt den Namen Morgenstern, im letztern Falle glänzt er als Abendstern nach Sonnenuntergang. Venus zeigt Phasen wie der Mond, doch sind dieselben nur im Fernrohr sichtbar. Die wahre, siderische Umlaufszeit dieses Planeten beträgt 224 Tage 16 St. 49 Min. 8 Sec. und die mittlere Entfernung von der Sonne 0,721132 der mittleren Erdentfernung oder 14,9 Millionen Meilen. Die Excentricität der Venusbahn beträgt 0,006859, sie ist die geringste bei den bekannten grossen Planeten und vermindert sich jährlich um 0,00000048. Die Länge des Perihels beträgt (für 1800,) 128° 32′ 48″ und rückt tropisch jährlich um 5,06″ vor. Die Länge des aufsteigenden Knotens ist 74° 52′ 58″ mit einem tropischen Vorrücken von 32,9″ jährlich. Die Neigung der Bahn beträgt 3° 23′ 28″ und nimmt jährlich um 0,04″ zu. Das astronomische Zeichen der Venus ist ♀.

Die scheinbare Helligkeit der Venus ist sehr veränderlich; seinen grössten Glanz zeigt der Planet nach Wittstein 35 bis 38 Tage vor oder nach der Conjunction, die Breite der beleuchteten Sichel ist dann noch nicht $^1/_4$ vom scheinbaren Durchmesser des Planeten, aber die grosse Erdnähe bewirkt, dass Venus dann in Abwesenheit der Sonne deutliche Schatten hinter den beleuchteten Körpern erzeugt. Das Maximum dieses Glanzes findet nach je 8 Jahren statt und der Planet ist dann selbst am Tage, nahe bei der Sonne, für das blosse Auge sichtbar.

Der scheinbare Durchmesser der Venus beträgt nach Mädler, reducirt auf die Entfernung der Erde von der Sonne 17,134″, der wahre also 1650 Meilen. Eine Abplattung ist bis jetzt nicht wahrgenommen worden. Nach Leverrier ist die Masse des Planeten $\frac{1}{412150}$ der Sonnenmasse, seine mittlere Dichte ist demnach jener der Erde sehr nahe gleich. Der Fall der Körper auf der Oberfläche der Venus beträgt in der ersten Secunde 14 pariser Fuss.

Dominicus Cassini war der Erste, der (1667) in Rom deutliche Flecke auf der Venusscheibe erkannte, aus denen eine Rotationsdauer von 23 $^1/_4$ Stunden folgte. Als dieser Astronom später nach Paris berufen wurde, gelang es ihm niemals mehr, auch nur eine Spur von Flecken wahrzunehmen. Im Sommer 1726 untersuchte Bianchini den Planeten; er bemerkte unter dem heitern italienischen Himmel eine Anzahl von Flecken, deren Lage er feststellte und aus deren Bewegung er auf eine Rotationsdauer der Venus von 24 Tagen schloss. Trotz der grossen Verschiedenheit dieser beiden Resultate blieb die Frage fast 120 Jahre hindurch unerledigt. Zwar versuchte Schröter aus der Gestalt der Hörnerspitzen und deren Veränderungen einen Werth für die Umdrehungsdauer abzuleiten und fand dafür

23^h 31^m 19^s, aber mit Recht musste man die definitive Lösung bis dahin verschieben, wo es gelang, deutliche Flecke auf der Planetenscheibe wieder zu erblicken. Dies glückte in den Jahren 1840 bis 1842 de Vico in Rom und es ergab sich als Rotationsdauer der Venus 23^h 21^m $21{,}93^s$. Schröter, Herschel und neuerdings auch Secchi in Rom haben an der Gränze des leuchtenden Theiles der Venussichel einen deutlichen Dämmerungssaum erkannt, so dass die Existenz einer Venusatmosphäre als sicher erwiesen betrachtet werden kann. Nicht mit diesem Dämmerungssaume zu verwechseln ist das von einigen Beobachtern in der Nachtseite der Venus wahrgenommene phosphorische Licht. Der Erste, der dasselbe erblickte, war Chr. Kirch, am 7. Juni 1721 und am 8. März 1726. Zuletzt wurde die Erscheinung am 21. April 1865 von Engelmann auf der Sternwarte zu Leipzig beobachtet. Eine einwurfsfreie Erklärung derselben hat man bis jetzt nicht gegeben; Olbers, Harding und Herschel glaubten sie einer eignen, periodischen Lichtentwicklung in der Nachtseite der Venus zuschreiben zu müssen.

Eine bis jetzt noch ungelöste Frage ist die, ob Venus einen Mond besitzt oder nicht. Der Erste, der einen solchen Venusmond beobachtet haben will, war Fontana, 1645; ihm folgte Dominicus Cassini am 25. Januar 1672, und eine ähnliche Beobachtung machte er am 28. August 1686. Am 23. October 1640 sah Short, als er mit einem 15füssigen Spiegelteleskope Venus beobachtete, ein Sternchen in ihrer Nähe, das bei 140 und 240facher Vergrösserung eine deutliche Sichelgestalt wie der Planet zeigte. Short beobachtete diesen Mond eine volle Stunde lang unter Anwendung verschiedener Vergrösserungen und Teleskope. Er gebrauchte die Vorsicht, den vollkommen guten Zustand seiner Instrumente dadurch zu bekunden, dass er angab, an jenem Tage zwei dunkle Flecke auf der Venusscheibe deutlich erkannt zu haben. Montaigne zu Limoges (zwischen dem 3. und 11. Mai 1761), Rödkier (am 3. und 4. März 1764) und Horrebow (am 10. und 11. März 1764) zu Kopenhagen, sowie Montbarron (am 15., 28. und 29. März 1764) zu Auxerre haben ebenfalls einen Mond in der Nähe der Venus gesehen und sich nach ihrer Angabe selbst auf verschiedene Weise davon überzeugt, dass ihre Wahrnehmungen nicht auf einer Täuschung beruhten. Lambert berechnete nach diesen Beobachtungen die Bahn des fraglichen Satelliten und fand, dass sein Abstand von der Venus nahe ebenso gross wie derjenige unseres Mondes und auch seine Grösse nur um ein Geringes von derjenigen des Erdtrabanten verschieden sei, dagegen würde seine Bewegung in einer Ebene stattfinden, die gegen die Ekliptik um 63^0 geneigt ist.

Es ist allerdings eigenthümlich, dass man den fraglichen Mond seit einem ganzen Jahrhundert nicht wiedergesehen hat; aber die neuerdings in Deutschland üblich gewordene Abfertigung der obengenannten Beobachtungen als „Seitenabspiegelungen in den noch unvollkommen construirten Ferngläsern“ wäre nur dann einigermaasen zu rechtfertigen, wenn jene Wahrnehmungen bloss von Dilettanten, nicht von

Astronomen und zum Theil von dem ersten Optiker seiner Zeit (Short) herrührten. Die häufige Wahrnehmung um 1764 herum weist zudem auf etwas Periodisches hin, über das noch gegenwärtig keine Hypothesen aufzustellen sind.

Ueber die Vorübergänge der Venus vor der Sonne s. Durchgang.

Veränderliche Sterne s. Fixsterne.

Verfinsterung s. Finsterniss.

Vergrösserung nennt man die Eigenschaft der Fernrohre und Microsope, Gegenstände unter einen grössern Sehwinkel zu zeigen als solchen das unbewaffnete Auge erblickt. Um die Vergrösserung eines Fernrohres zu bestimmen, hat man verschiedene Methoden erdacht. Sehr einfach kann dies, bei mässigen Vergrösserungen, in folgender Weise geschehen. Man stelle in genügender Entfernung von dem Instrumente einen in gleiche Theile eingetheilten Stab auf und beobachtet denselben mit dem einen Auge durch das Fernrohr schauend und mit dem andern direct. So viele Theilungen als mit dem blossen Auge gesehen auf eine durch das Fernrohr gesehene Abtheilung fallen, um so viel mal vergrössert das Instrument. Zu diesem Versuche können zweckmässig auch die Ziegelreihen eines Daches dienen. Eine andere Methode ist folgende. Man stelle das Fernrohr auf einen entfernten Gegenstand scharf ein. Vor dem Oculare erblickt man dann einen kleinen weissen Kreis, den man auf einem Blatt Papier auffangen kann. Dieser Kreis ist ein Bild des Objectivs und sein Durchmesser da, wo er am deutlichsten erscheint, ist so viel mal im Durchmesser des Objectivs enthalten, als das Fernrohr vergrössert. Vgl. den Art. Fernrohr.

Vernier s. Nonius.

Vernier, Pierre, geb. 1580 zu Ornans, einem damals deutschen Orte, gest. am 14. September 1637 ebenda, war Generaldirector der Münzen der Grafschaft Burgund. Er beschrieb zuerst die Vorrichtung zum Messen kleiner Bogentheile, welche man mit Unrecht Nonius nennt.

Verticalkreis s. Scheitelkreis.

Vesta, einer der vier zuerst entdeckten Asteroiden, aufgefunden von Olbers zu Bremen am 29. März 1807. In mittlerer Opposition erscheint Vesta von der 6. bis 7. Grösse, ist also einem scharfen unbewaffneten Auge sichtbar. Der wahre Durchmesser dieses Planetoiden ist schwer durch directe Messung zu bestimmen, Mädler fand dafür 66 Meilen; photometrische Gründe und Untersuchungen führen auf etwa 43 Meilen. Die Bahnelemente dieses Planetoiden sind:

Halbe grosse Axe 2,361, Excentricität 0,08924. Umlaufszeit 1325 Tage.

Länge des Perihels 250° 46′ 23″, Länge des aufsteigenden Knotens 103° 24′ 37″.

Neigung der Bahn 7° 7′ 51″, mittlere tägliche Bewegung 978,02″. Epoche 1865 März 11,5 mittl. Berl. Zeit.

Vico, Francesco de, geb. am 19. Mai 1805 zu Macerata in der Mark Ancona, gest. am 15. November 1848 zu London auf einer Reise nach Georgestown, nachdem ihn die Revolution aus Rom, wo er Director der Sternwarte war, vertrieben hatte. De Vico beschäftigte sich mit der Untersuchung von Nebelflecken; er entdeckte die Kometen I 1844, II 1847, I, V, VI, IX 1846.

Vollmond heisst die Erscheinung der voll leuchtenden Mondscheibe oder auch die Zeit wann dies stattfindet. Der Vollmond tritt dann ein, wenn die Längen von Sonne und Mond um 180° verschieden, beide Gestirne also in Opposition sind. Zur Zeit des Vollmondes geht der Mond nahe um Mitternacht durch den Meridian, er geht mit Sonnenuntergang auf und mit Sonnenaufgang unter. Vgl. d. Art. Mondphasen.

Vorrücken der Nachtgleichen, Präcession, nennt man die Erscheinung, in Folge deren alle Fixsterne ohne Ausnahme eine jährliche Zunahme ihrer Längen von 50,24″ zeigen, während die Breiten unverändert bleiben. Diese Thatsache wurde zuerst wahrgenommen von Hipparch (im 2. Jahrhundert vor Chr.) und dieser grosse Astronom erkannte auch bereits, dass der Effect dadurch zu Stande kommt, dass der Durchschnittspunkt des Aequators auf der Ebene der Ekliptik, also der Anfangspunkt von dem aus die Längen gezählt werden, alljährlich um den angegebenen Betrag zurückweicht. In Folge dieses Zurückweichens fällt der Frühlingspunkt in immer andere Sternbilder und während er vor 3000 Jahren noch im Sternbilde des Widders lag, ist er gegenwärtig bereits mehr als 30° westwärts gewandert. Eine weitere Folge der Präcession ist die Aenderung der Lage der Pole des Himmelsäquators unter den Sternen. Es ist nämlich leicht einzusehen, dass in Folge der Bewegung des Aequators auf der Ekliptik, auch die Pole des Aequators eine analoge Bewegung um den Pol der Ekliptik ausführen müssen. Wenn daher gegenwärtig der Nordpol des Aequators bei dem Stern α im kleinen Bären liegt, so war dies in früheren Zeiten nicht der Fall und es wird in späteren Jahrtausenden auch nicht mehr der Fall sein. Vielmehr wird der Nordpol nach und nach in die Nähe der Sterne β und α Cepheus, δ Schwan, α Leyer und α Drache wandern.

Die Ursache der Präcession ist in der allgemeinen Anziehung und der abgeplatteten Gestalt der Erde zu suchen. Wäre die Erde eine vollkommene, concentrisch geschichtete Kugel, so würde sie sich gegen über der Anziehung der sie umgebenden Himmelskörper durchaus so verhalten, wie wenn ihre ganze Masse im Mittelpunkte vereinigt wäre. Denkt man sich aus der Erde die grösstmöglichste Kugel herausgenommen, so bleibt in den äquatorealen Gegenden noch ein Ring von Materie übrig und die Einwirkung der Sonne und des Mondes auf diesen Ring erzeugt die Erscheinung der Präcession. Die Anziehung der Sonne, welche sich in der Ebene der Ekliptik befindet, während jener Ring symmetrisch um die Ebene des Aequators liegt, strebt dahin, beide Ebenen zusammenfallend zu machen, während die Rota-

tion der Erde den Parallelismus ihrer Polaraxe zu erhalten strebt. Rotirte die Erde nicht, so würde der Effect der Sonnenanziehung dahin gehen, die Schiefe der Ekliptik zu vermindern, während die Durchschnittspunkte derselben mit dem Aequator ihre Lage unverändert behielten. Die Rotation hingegen bewirkt, dass die Schiefe der Ekliptik unverändert bleibt, dafür aber die Durchschnittspunkte von Aequator und Ekliptik sich von Ost nach West bewegen. Gleich der Sonne übt auch der Mond einen merklichen Einfluss auf die Bewegung der Aequinoctien aus und beide Wirkungen zusammen werden als Lunisolarpräcession bezeichnet. Die Lage der Ekliptik, welche wir bisher als unverändert betrachteten, ist dies in Wirklichkeit nicht, vielmehr geht die Gesammtwirkung des Planeten dahin, die Ekliptik um einen geringen Betrag dem Aequator zu nähern und die Aequinoctialpunkte von West nach Ost zu bewegen. Nach vielen Jahrtausenden wird sich dies umkehren. Die Präcession der Aequinoctien auf der beweglichen Ekliptik wird die allgemeine Präcession genannt.

In Folge der rückgängigen Bewegung der Aequinoctien gebraucht die Sonne nicht so viel Zeit, um wieder zum Frühlingspunkte zurückzukehren als sie bedarf, um einen bestimmten Fixstern wieder zu erreichen. Das tropische Jahr ist vielmehr um die Zeitdauer kürzer als das siderische, innerhalb welcher die Sonne einen Bogen von $50\frac{1}{4}$ Secunden durchläuft, also um $20^m\ 23^s$. Die innerhalb der Jahrtausende veränderliche Einwirkung der Planeten auf die Bewegung der Ekliptik verändert natürlich ebenfalls die Grösse der Präcession um einen geringen Betrag und diese Säculargleichung der Aequinoctien bewirkt wiederum Schwankungen in der Länge des tropischen Jahres. Gegenwärtig nimmt dieselbe jährlich um $0{,}006^s$ ab. Die mittlere Länge des tropischen Jahres beträgt 365 Tage $5^h\ 48^m\ 45^s$ und sie stimmt mit der wahren überein im Jahre 2270 unserer Zeitrechnung. Vgl. d. Art. Wanken der Erdaxe.

Wahre Zeit nennt man die durch den wahren Sonnenstand bestimmte Zeit, wie sie von den Sonnenuhren angegeben wird. Vgl. Sonnenzeit und Zeitgleichung.

Walther, Bernhard, geb. 1430 zu Nürnberg, gest. 1504 ebenda, ein reicher Privatmann, der sich aus Zuneigung mit Astronomie beschäftigte und zuerst bei seinen Beobachtungen Räderuhren benutzte.

Wanken der Erdaxe, Nutation, werden die, von Bradley zuerst entdeckten Schwankungen im Vorrücken der Nachtgleichen (s. d.) genannt, welche in eine Periode von $18\frac{2}{3}$ Jahren eingeschlossen sind. In Folge der Nutation beschreibt der Pol des Aequators um den Pol der Ekliptik nämlich keine reine Kreislinie, sondern eine wellenförmige Kurve, derjenigen sehr ähnlich, welche der Mond um die Sonne beschreibt, indem er sich um die Erde und mit dieser gleichzeitig um die Sonne bewegt. Durch die Nutation werden sowohl Länge als Rectascension und Declination der Gestirne, nicht aber ihre Breite ver-

ändert. Die Ursache der Nutation ist in der Anziehung des Mondes auf die abgeplattete Erde zu suchen, indem sie bewirkt, dass die Rotationsaxe der Erde kleine Verschiebungen ihrer Richtung im Raume erleidet, so dass sie also nicht immer auf die nämlichen Punkte des Himmels hinweist. Die Periode der Nutation fällt bezüglich ihrer Dauer mit der Umlaufsperiode der Knoten der Mondbahn zusammen und zwar aus dem Grunde, weil durch die Lage der Knoten die Grösse der Neigung der Mondbahn gegen den Aequator bedingt wird und von dieser wiederum die Grösse der Einwirkung des Mondes auf die äquatoreale Anschwellung der Erde abhängt. Vgl. d. Art. Vorrücken der Nachtgleichen.

Weisse, Maximilian von, geb. am 16. October 1798 zu Ladendorf in Oesterreich, gest. am 10. October 1863 zu Krakau, anfangs Assistent auf der Wiener Sternwarte, dann seit 1825 Director des Krakauer Observatoriums, machte sich hauptsächlich durch seine Reduction der Bessel'schen Zonen verdient.

Weltaxe heisst die gedachte gerade Linie, welche durch den Erdmittelpunkt gehend, die beiden Himmelspole mit einander verbindet, sie ist eine Verlängerung der Erdaxe. Um diese Weltaxe scheint sich das ganze Himmelsgewölbe mit allen seinen Sternen herumzuschwingen. Der Winkel der Weltaxe mit dem Horizonte eines Ortes ist stets der geographischen Breite dieses Ortes gleich.

Weltgebäude heisst der Inbegriff alles dessen, was den Raum erfüllt als ein durch innere Kräfte bewegtes und belebtes Ganzes. Der Raum ist unendlich, auch hat die sichere Beobachtung noch keine Begrenzung der denselben erfüllenden Weltkörper angezeigt; dennoch ist es wahrscheinlich, dass die Zahl der Weltkörper, welche den Raum erfüllen keine absolut unendliche, sondern vielmehr eine numerisch begränzte ist. Ueber den eigentlichen Bau des Weltalls hat man früher mannichfache und zum Theil sehr phantastische Ansichten ausgesprochen; es ist ein grosser Fortschritt der modernen Wissenschaft, dass die Wahrheit immer klarer zum Bewusstsein kommt, dass wir über den Plan des Weltbaues absolut Nichts wissen. Nur der Bau einzelner Partialsysteme, einzelner Weltinseln im Ocean des All's, ist ergründet worden, worüber in den Art. Doppelsterne, Fixsterne, Milchstrasse, Nebelflecke, Näheres nachzulesen.

Weltgegenden, Himmelsgegenden, nennt man gewisse Richtungen, die man unter den zahllosen überhaupt möglichen Richtungen in der Ebene des Horizonts, hervorgehoben hat. Unter diesen bezeichnet die Richtung des Meridians sammt der darauf senkrechten die vier Hauptweltgegenden: Nord, Süd, Ost und West, deren jede also von der nächsten um 90° absteht. Durch Halbirung dieses Bogens erhält man die ersten Nebenweltgegenden: Nordost, Nordwest, Südost, Südwest etc., deren jede von der nächsten also um 45° entfernt ist. Weiteres Halbiren dieser Bogen gibt weitere Nebenweltgegenden, ein ferneres Halbiren gibt wiederum Nebengegenden, so dass die Anzahl sämmtlicher Weltgegenden, die noch speciell unterschieden werden, auf 32 steigt. Ihre Namen siehe in dem Art. Compass.

Weltpole, Himmelspole, Pole des Aequators, werden die beiden Punkte der Himmelskugel genannt, welche sämmtliche Gestirne in immer grösseren Bahnen je nach ihrem Abstand, von diesen Polen umkreisen. Diese Pole stehen einander diametral gegenüber und die sie verbindende Gerade wird Weltaxe genannt. Irgend ein beliebiger Ort sieht natürlich nur einen Weltpol über seinem Horizonte; für den Aequator selbst liegen beide Pole im Horizont. Die Lage der Weltpole wird durch die Lage der Erdpole, welche die Endpunkte der Erdaxe bezeichnen, bestimmt; diese Lage ist aber, mit Bezug auf das Himmelsgewölbe, periodischen Veränderungen unterworfen, so dass daher auch die Weltpole keineswegs absolut für alle Zeiten fixe Punkte sind. Man legt indess in der Astronomie diese Bewegung den Fixsternen bei und betrachtet in der Praxis die Endpunkte der Weltaxe als unverrückbar.

Weltsystem wird die Gesammtheit der Himmelskörper genannt, die in einer causalen Wechselbeziehung zu einander stehen. So viel wir wissen, findet dies bei allen Himmelskörpern, die wir wahrnehmen können, statt, und man kann daher in diesem Sinne behaupten, dass das ganze Universum ein einziges grosses Weltsystem bildet. Gleichwohl sind wir noch sehr weit davon entfernt, einen einigermaassen genügenden Einblick in den Bau dieses Systems als eines Ganzen, thun zu können; wir wissen davon absolut nichts Specielles. Wenn man daher von Weltsystem spricht, so hat man dabei ein System niedrigerer Ordnung und zwar hauptsächlich unser Sonnensystem im Auge.

Schon die alten Astronomen, denen nur wenig zahlreiche und ungenaue Beobachtungen zu Gebote standen, bemühten sich, den Bau des Planetensystems zu ergründen. Da sie jedoch von unrichtigen Voraussetzungen ausgingen und überhaupt mehr den Weg der Speculation als der nüchternen Forschung einschlugen, so ist es nicht weiter wunderbar, dass sie auf Abwege geriethen und Hypothesen aufstellten, deren Haltlosigkeit bei nüchterner Betrachtung auf den ersten Blick in die Augen fallen musste. Zwar treffen wir auch im hohen Alterthum auf strenge Denker, die eine mehr oder minder richtige Ahnung von der wahren Constitution unseres Sonnensystems besassen; ja unter diesen sagt es ein Aristarch von Samos geradezu, dass die Erde sich um ihre Axe drehe und gleichzeitig in einem schrägen Kreise um die Sonne bewege, dass man aber diese translatorische Bewegung der Erde am Fixsternhimmel nicht ohne weiteres wahrnehmen könne, weil sich der Durchmesser der Erdbahn zur Entfernung der Fixsterne wie der Mittelpunkt zum Umfange verhalte, d. h. weil er im Vergleich zu jener Distanz unendlich klein sei. Allein diese und andere ähnliche Aussprüche verhallten im Alterthum, ohne Anklang zu finden, ja es waren nur blosse, von keinen weiteren Beweisen unterstützte Ansichten, wie deren die Philosophen aller Zeiten und Länder in Menge producirt haben, ohne sich um den strengen Nachweis ihrer wissenschaftlichen Begründung viel zu kümmern.

Der Erste, der ein schulgerechtes System der planetarischen Bewegungen aufstellte, war Ptolemäus. Sein Vorgänger, der grosse

Astronom Hipparch hatte vorsichtig nur Beobachtungen angestellt und es späteren Zeiten anheimgestellt, aus ihnen die Principien eines allgemeinen Systems der himmlischen Bewegungen abzuleiten.

Ptolemäus veröffentlichte das nach ihm benannte System in seinem Werke μεγαλη συνταξις; dasselbe ward um das Jahr 827 n. Chr. in's Arabische übersetzt und diese Uebersetzung, bekannt unter dem Titel „Almagest" 1230 auf Anordnung des Kaisers Friedrich II. in's Lateinische übertragen. In dieser Sprache wird es gewöhnlich unter einem der beiden Titel Syntaxis mathematica oder Constructio mathematica angeführt.

Nach dem Ptolemäi'schen Systeme bildet unsere Erde den Mittelpunkt der Welt. Um sie herum bewegen sich in immer grösseren concentrischen Kreisen oder Sphären zunächst der Mond, dann Merkur, Venus, die Sonne, Mars, Jupiter und Saturn. Jenseits der Sphäre des Saturn nahm Ptolemäus eine achte Sphäre an, in welcher sich die Fixsterne bewegen. Eine neunte und zehnte Sphäre diente dazu, die Erscheinungen der Präcession hervorzubringen und mittels der letzten, elften Sphäre endlich, welche den Namen Primum mobile erhielt, wurden alle übrigen tagtäglich von Ost nach West um die Erde herum zu schwingen.

Betrachtet man die Erscheinungen, wie sie nach dem Ptolemäischen System eintreten müssen, genauer, und vergleicht sie mit denjenigen, welche der Himmel unmittelbar darbietet, und die auch den Alten schon hätten bekannt sein können, so zeigen sich sofort derartige Incongruenzen, dass man füglich in Erstaunen gerathen muss, wie die alten Beobachter auch nur einen Augenblick bei dem Ptolemäi'schen Systeme stehen bleiben konnten.

Ein Haupteinwurf gegen das Ptolemäi'sche System, dessen Gewicht sich in der That Niemand verhehlen konnte, ist der, dass nach demselben die beiden Planeten Merkur und Venus von Zeit zu Zeit auch der Sonne gegenüber stehen, also um Mitternacht durch den Meridian gehen müssten. In dieser Stellung sind jene beiden Planeten aber noch niemals von einem menschlichen Auge erblickt worden, vielmehr entfernt sich Merkur höchstens um 29°, Venus 48° rechts oder links von der Sonne. Diese Thatsachen stehen mit dem Ptolemäischen Systeme in einem directen und unlöslichen Widerpruche. Aber noch mehr, die ganze Einreihung der beiden Planeten Merkur und Venus ist eine durchaus willkürliche. Ptolemäus hat offenbar als Princip für die Reihenfolge der Abstände der einzelnen Planeten von der Erde ihre Geschwindigkeiten angenommen, der Art, dass er den sich am schnellsten bewegenden Weltkörper den Mond, der Erde zunächst placirt und den am langsamsten laufenden Saturn in die äusserste Planetensphäre verwies. Nun bewegen sich aber die beiden inneren Planeten Merkur und Venus bisweilen schneller, bisweilen aber auch langsamer als die Sonne; ihre Einschaltung in zwei Sphären innerhalb der Sonnensphäre ist daher eine durchaus willkürliche. Die Sphären dachte sich Ptolemäus in der Art von concentrischen Kugelschalen

aus einer nicht weiter bekannten Materie gebildet. Nun konnten aber schon rohe Messungen des Monddurchmessers die Alten belehren, dass dieser Himmelskörper nicht immer in derselben Entfernung von der Erde sich befindet. Das Gleiche gilt von der Sonne und die Erfindung des mit Mikrometern ausgerüsteten Fernrohres hat es auch bei den Planeten gezeigt. Die Idee von concentrischen Kugelschalen muss daher von vornherein aufgegeben werden.

Die eigenthümlichen Bewegungen der Planeten Merkur und Venus, welche sich nie der Sonne gegenüber zeigen wollten, veranlasste die griechischen Astronomen, schon bald nach Ptolemäus, dessen System abzuändern. Auf diese Weise entstand das sogenannte egyptische Weltsystem, nach welchem Mond, Sonne, Mars, Jupiter und Saturn sich um die Erde, die beiden Planeten Merkur und Venus hingegen um die Sonne und mit dieser um die Erde bewegen sollten. Allein auch diese Verbesserung genügte keineswegs, die Erscheinungen sämmtlich zu erklären; vielmehr blieben noch immer eine Menge von Schwierigkeiten, von denen nur die bedeutendsten hier hervorgehoben werden sollen. Die Bewegungen der Planeten an der himmlischen Sphäre gehen keineswegs in einfachen Kreisen und mit stets gleichbleibender Geschwindigkeit vor sich, vielmehr sind sie ungemein verwickelt, wenngleich sich allerdings auch in diesen Verwickelungen eine bestimmte Gesetzmässigkeit herausfinden lässt. Betrachtet man z. B. die scheinbare Bahn eines der sogenannten oberen Planeten, so findet man, dass derselbe, nachdem er sich eine gewisse Zeit hindurch rechtläufig bewegte, nach und nach langsamer läuft und schliesslich still steht oder stationär wird. Dann nimmt er, mit wachsender Geschwindigkeit seine directe Bewegung wieder an, um nach einer gewissen Zeitdauer dieselben Erscheinungen wie sie soeben angedeutet wurden wiederum darzubieten. Die Erklärung dieser bald schnelleren, bald langsameren und retrograden Bewegungen haben den alten Astronomen viele Mühe verursacht. Dass sie mit dem verbesserten Ptolemäi'schen Systeme ohne Weiteres nicht gegeben waren, leuchtet ein; es musste demnach eine abermalige Verbesserung desselben vorgenommen werden. Man nahm daher an, dass die Planeten sich nicht ohne Weiteres in concentrischen Kreisen um die Erde bewegten, sondern dass ihre Bewegung vielmehr in Kreisen erfolge, welche excentrisch gegen die Erde seien. Auf diese Weise liessen sich in der That die verschiedenen Geschwindigkeiten, welche die Sonne, der Mond und die Planeten in den einzelnen Theilen ihrer Bahn zeigen, im Allgemeinen darstellen. Um noch die Schleifen, welche die scheinbaren Bewegungen der Planeten darbieten, theoretisch zu erklären, verfielen die griechischen Astronomen auf die Idee der Epicyklen, worüber alles Nähere in dem betreffenden Artikel nachzulesen ist. Genauere Beobachtungen lehrten aber, dass die Anwendung eines Epicykels nicht genüge, die Erscheinungen sämmtlich wiederzugeben, so dass man gezwungen war, auf der Peripherie des Epicykels abermals einen Kreis anzunehmen, dessen Umfang der Planet beschrieb. Ja, man ging noch weiter und liess um diesen Kreis nochmals einen Kreis von dem Planeten beschreiben, ohne

freilich selbst dadurch die planetarischen Bewegungen ganz entsprechend darstellen zu können. Zu alle dem mussten die einzelnen Kreise auch noch verschiedene Neigungen gegen einander besitzen, um die Breiten einigermassen genau wiederzugeben, so dass man sich nicht zu verwundern braucht, wenn der astronomische König Alphons ausrief, dass wenn Gott ihn bei Einrichtung des Planetensystems zu Rathe gezogen hätte, die Sache einfacher geworden wäre. Die ganze Verwicklung lag aber, wie wir heute längst wissen, nicht in der Natur selbst begründet, sondern ward bedingt durch die unrichtigen Annahmen, von denen Ptolemäus bei Einrichtung seines Systems ausging. Die falsche Voraussetzung, dass die Erde still stehe, brachte auf diese Weise den ganzen Himmel in Unordnung. Dennoch blieb der Wahn, in dem Ptolemäus befangen war, siebzehn volle Jahrhunderte hindurch in der Wissenschaft vorherrschend und erst dem frauenburger Domherrn Nicolaus Copernicus war es vorbehalten, ihn gründlich und für immer zu beseitigen. Dieser gelehrte und scharfsinnige, dabei aber vorsichtige und unbefangene Forscher, wagte es zuerst in seinem Werke „De revolutionibus orbium coelestium" den Grundpfeiler des Ptolemäi'schen Systems, die Ruhe der Erde zu verwerfen. Er setzte die Sonne als Weltleuchte in die Mitte des Systems wie auf einen königlichen Thron und verwies die Erde von der ihr so lange und unrechtmässiger Weise eingeräumten hohen Stellung unter den Planeten, als der dritten in der Reihenfolge von der Sonne ab. „Durch keine andere Anordnung," sagt er selbst, „habe ich eine so bewundernswürdige Symmetrie des Universums, eine so harmonische Verbindung der Bahnen finden können, als da ich die Weltleuchte, die Sonne, die ganze Familie kreisender Gestirne lenkend, wie in die Mitte des schönen Naturtempels auf einem königlichen Throne gesetzt."

Nach dem Copernicanischen Weltsystem bildet also die Sonne den Mittelpunkt der Bewegung und um sie laufen die Planeten in immer grösseren Bahnen, zuerst Merkur, dann Venus, hierauf die Erde, Mars, Jupiter und Saturn. Den Mond liess Copernicus um die Erde und mit dieser um die Sonne laufen. Die Bewegung aber, welche Ptolemäus dem seltsamen Primum mobile aufgetragen hatte, ersetzte er einfach durch eine Umdrehung der Erde um ihre Axe von West nach Ost. Die ganze folgende Zeit hat das System des Copernicus, abgesehen von einigen nebensächlichen Annahmen, durchaus bestätigt und gegenwärtig sind auch die letzten Einwürfe längst siegreich widerlegt worden, welche man demselben anfangs gemacht hat. Unter diesen war es besonders einer, dessen ganze Schwere sich Copernicus keinen Augenblick verhehlte, nämlich der gänzliche Mangel von wahrnehmbaren Ortsveränderungen der Fixsterne in Folge der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne, mit anderen Worten das gänzliche Fehlen wahrnehmbarer Fixsternparallaxen. Copernicus tröstete sich damit, dass die Entfernung der Fixsterne zu gross sei, um eine jährliche Parallaxe derselben wahrnehmen zu können. Die neuere Zeit hat bewiesen, dass er hierin insofern durchaus Recht hatte, als die grösste Fixsternparallaxe 1" nicht erreicht, gleich-

zeitig lieferte aber der factische Nachweis der Existenz von Fixsternparallaxen einen neuen und schlagenden Beweis für die Richtigkeit des Copernicanischen Weltsystems.

Beiläufig muss hier in historischem Interesse noch des sogenannten Tychonischen Weltsystems gedacht werden. Der grosse Beobachter Tycho Brahe, befangen in der vorurtheilsvollen Anschauung seiner Zeit, nach welcher die Bewegung der Erde sich nicht mit den Worten der Bibel vereinigen lasse, soll ein Planetensystem aufgestellt haben, in welchem wie bei Copernicus sämmtliche Planeten sich um die Sonne drehten, diese aber wiederum mit dem ganzen Gefolge der Wandelsterne, die ruhende Erde, den Mittelpunkt der Welt umkreise. Man hat sich mit Recht gewundert, wie ein so erfahrener Astronom als Tycho war, die Incongruenzen zwischen den Erscheinungen nach seinem System und der Natur selbst, auch nur einen Augenblick übersehen konnte. Geht man der Sache indess auf den Grund, so findet sich, dass Tycho nirgendwo etwas von einem solchen Systeme auseinandersetzt, nur in einem Briefe an Rothmann kommen Bemerkungen über eine derartige Planetenordnung vor. Erst in einem, nach dem Tode des grossen Beobachters in Frankfurt erschienenen Werke wird dieses System aufgestellt und ohne weitere Beweise dem grossen Tycho zugeschrieben. Wie Tycho über Copernicus und sein Weltsystem dachte, ergiebt sich am besten aus dem begeisterten Gedichte, welches er am 13. Juli 1584 auf den unsterblichen Vater der neuern Astronomie verfasste und in dem er sagt:

„Ihm gelang es dem Himmel die Sonn' zu entreissen
Und sie festzustellen. Um sie dann führt er die Erde
Wie um die Erde den Mond —. —"

Copernicus hat mit seinem Weltsystem die Grundsteine, die für alle Zeiten unerschütterlichen Fundamente gelegt, auf welchen sich der stolze Bau unserer Kenntnisse von der Constitution dessen, was die Himmelsräume erfüllt, erhebt. In welcher Weise seine Nachfolger dazu beitrugen, die gewonnenen Anschauungen zu erweitern und zu vervollkommnen, dass zu entwickeln gehört nicht hierher. Uebersichtlich findet sich das Wichtigste hierüber in dem Art. „Astronomie."

Wendekreise werden sowohl an der Erde als Himmelskugel zwei dem Aequator parallele, kleinere Kreise genannt, welche von diesem um denselben Winkel abstehen, den die Ekliptik mit dem Aequator macht. Der auf der nördlichen Halbkugel liegende heisst Wendekreis des Krebses, der auf der südlichen Halbkugel gezogene Wendekreis des Steinbocks. Auf der Erdkugel schliessen die Weltkreise die heisse Zone ein.

Am 21. März steht die Sonne im Aequator und entfernt sich von da ab fortwährend von diesem gegen Norden zu, bis sie den Wendekreis des Krebses erreicht; hier wendet sie sich um (am 21. Juni), nähert sich wieder dem Aequator, überschreitet diesen am 23. September gegen Süden und steigt dort bis zum Wendekreis des Steinbocks hinab, den sie am 21. December erreicht und dann wieder gegen den Aequator hinaufsteigt. Vgl. Sonnenwenden.

West s. Abendpunkt.

Westphal, Johann Heinrich, geb. am 31. Januar 1794 zu Schwerin, gest. im September 1831 auf freiem Felde bei Termini in Sicilien, welche Insel er zu wissenschaftlichen Zwecken bereiste. Er stellte verschiedene astronomische Beobachtungen an und übersetzte Piazzi's Astronomie in's Deutsche.

Westphal, Justus Georg, geb. am 18. März 1824 zu Colborn bei Lüchow, gest. am 9. November 1859 zu Lüneburg, war Assistent an der Göttinger Sternwarte und entdeckte am 24. Juli 1852 den periodischen Kometen, der seinen Namen trägt.

Widerstehendes Fluidum, hemmendes Mittel, wird der die Himmelsräume erfüllende Aether genannt. Vgl. Aether.

Widmannstätten, Aloys Beck, Edler von, geb. um 1753, gest. am 10. Juni 1849 zu Wien, war Director des kaiserlichen Fabrikproducten-Cabinets in Wien, später pensionirt; entdeckte 1808 die nach ihm benannten Figuren, die entstehen, wenn man Meteoreisen mit Salpetersäure ätzt.

Wilson, Alexander, geb. 1714 zu S. Andreas, gest. am 18. October 1786 zu Glasgow, zuerst Pharmaceut, dann Inhaber einer Schriftgiesserei, zuletzt Professor der Astronomie an der Universität zu Glasgow, machte seinen Namen hauptsächlich durch seine (freilich unrichtige Theorie) der Sonnenflecke bekannt.

Winnecke, Friedrich August Theodor, geb. am 5. Februar 1835 zu Gross-Heere bei Hannover, war anfangs Gehülfe an der Berliner Sternwarte, dann seit 1858 Vice-Director der Sternwarte zu Pulkowa, musste indess wegen Kränklichkeit Pulkowa verlassen und lebt gegenwärtig in Carlsruhe. Winnecke gehört zu den gelehrtesten Astronomen der Gegenwart; seine Arbeiten umfassen fast alle Theile der Astronomie; er entdeckte die Kometen V 1854, II 1858, II III 1868 und I 1869.

Winter wird die zwischen Herbst und Frühling fallende Jahreszeit genannt, die (für unsere Hemisphäre) mit dem 21. December, wenn die Sonne in das Zeichen des Steinbocks tritt, beginnt und mit dem 21. März endigt, wenn die Sonne in das Zeichen des Widders tritt. Während unsers Winters verweilt die Sonne südlich vom Aequator, sie erreicht daher ihre geringste Mittagshöhe und die Tagesdauer ist die kürzeste. Die südliche Hemisphäre hat Winter, wenn wir Sommer haben, nämlich vom 21. Juli bis 23. September, ihr Winter ist also 4 Tage länger als der unsrige.

Winterpunkt ist derjenige Punkt der Ekliptik, in welchem die Sonne für die nördliche Halbkugel die grösste südliche Breite erreicht, den kürzesten Tag und die längste Nacht macht. Er liegt im Anfange vom Zeichen des Steinbocks in 270° Länge. Für die südliche Halbkugel fällt ihr Winterpunkt in den Anfang vom Zeichen des Krebses, der gleichzeitig unser Sommerpunkt ist.

Wolf, Rudolf, geb. am 7. Juli 1816 zu Zürich, war von 1839 bis 1855 Lehrer an der Realschule zu Bern und seit 1847 Director der dortigen Sternwarte, dann 1855 Professor der Astronomie am Polytechnicum zu Zürich und Director der neuen dortigen Sternwarte. Sehr verdient macht sich Wolf durch seine unermüdliche Thätigkeit zur genauen Erforschung der Sonnenflecken-Perioden.

Wolfers, Jacob Philipp, geb. am 31. Mai 1803 zu Minden, war lange einer der hauptsächlichsten Mitarbeiter am Berliner Astron. Jahrbuche, wurde 1852 königl. Professor in Berlin, lieferte ausser vielen mathematischen und astronomischen Arbeiten die Sternkarte hora XVI und XIX der Berliner Zonenkarten.

Wurfbewegung. Wird ein Körper in einer Richtung geworfen, welche mit der Senkrechten einen spitzen Winkel macht, so beschreibt er in Folge der Erdanziehung eine krumme Linie, deren Ermittelung in die Lehre von der Wurfbewegung gehört. Um diese krumme Linie kennen zu lernen, denken wir uns den Körper in der Richtung a z (Fig. 56), also in horizontaler Richtung geworfen. Diese Richtung würde er unverändert beibehalten, wenn die Schwere nicht da wäre und der Körper würde sich dann mit gleichförmiger Geschwindigkeit fortbewegen, so dass er am Ende der ersten Secunde in 1, am Ende der zweiten in 2, am Ende der dritten in 3 etc. wäre. Die Schwere zieht nun den Körper aus dieser horizontalen Richtung heraus, er fällt und zwar in der ersten Secunde um 15', so dass er sich am Ende dieses Zeittheilchens statt in 1 in b befindet. In 2 Secunden fällt der Körper um $4 \times 15' = 60'$, er befindet sich also statt in 2 in c; am Ende der dritten Secunde ist der Körper um $9 \times 15' = 135'$ gefallen, demzufolge ist er statt in 3 in d u. s. w. Verbindet man die Punkte a b c d durch eine Linie, so giebt diese die Curve, welche der geworfene Körper beschreibt und man findet, dass dieselbe eine Parabel ist. Man würde dasselbe Resultat erhalten haben, wenn der Körper, statt in horizontaler Richtung schief aufwärts geworfen worden wäre. In Folge des Luftwiderstandes ist die wirkliche Bahn des geworfenen Körpers keine reine Parabel. Nimmt man indess auf diesen Luftwiderstand keine Rücksicht und bezieht die Bahn auf ein rechtwinkeliges Coordinatensystem, dessen Anfangspunkt im Anfangspunkt der Bewegung liegt und bei dem die Axe der z mit der Richtung der anziehenden Kraft g parallel ist; nennt man ferner a die anfängliche Geschwindigkeit, mit der der Körper geworfen wurde, sowie α den Winkel, den

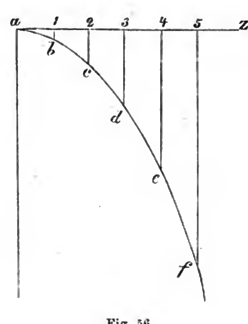


Fig. 56.

diese Geschwindigkeit mit der Horizontalen (x — Axe) macht, so ergiebt sich als Gleichung der beschriebenen Bahn:

$$z = x \operatorname{tang}\alpha - \frac{g x^2}{2 a^2 \cos^2\alpha}.$$

Die Geschwindigkeit v des Körpers in irgend einem Punkte seiner Bahn ist

$$v = \sqrt{a^2 - 2gz}.$$

Die grösste Höhe h über der Horizontalen x, welche der Körper erreicht, ist:

$$h = \frac{a^2}{2g} \cdot \sin^2\alpha.$$

Die Entfernung des Anfangspunktes der Bewegung von dem Punkte der Horizontalen (x), wo diese bei der absteigenden Bewegung zum zweiten Male erreicht wird, d. h. die Weite w des Wurfes ist:

$$w = \frac{a^2}{g} \sin 2\alpha.$$

Diese Weite ist also am grössten, wenn $\alpha = 45^0$ ist, oder wenn der Körper unter einem Winkel von 45^0 gegen die Horizontale geworfen wird.

Die Zeitdauer t, welche der Körper gebraucht, seine ganze Bahn zu durchlaufen, ist

$$t = \frac{2a \sin\alpha}{g}.$$

In dieser Formel ist g gleich der Fallgeschwindigkeit am Ende der ersten Secunde, also = 30 par. Fuss.

Die Centralbewegung, wie wir sie z. B. bei den Himmelskörpern sehen, ist eine wahre Wurfbewegung, bei welcher jedoch wegen der grossen Entfernung des geworfenen Körpers vom Anziehungsmittelpunkte, die Richtungen der anziehenden Kraft nicht mehr als parallel betrachtet werden können, und ebenso die Intensität der anziehenden Kraft nicht mehr als constant angesehen werden kann, sondern ihre Abnahme im Verhältnisse des Quadrats der zunehmenden Entfernung nicht vernachlässigt werden darf.

Wurm, Johann Friedrich, geb. am 19. Januar 1760 zu Nürtingen in Würtemberg, gest. am 23. April 1833 zu Stuttgart, war Anfangs Präceptor an der lateinischen Schule zu Nürtingen, dann Pfarrer zu Grübingen, hierauf Professor am Seminar zu Blaubeuren, und zuletzt Professor am Obergymnasium zu Stuttgart, von welcher Stellung er 1824 in Ruhestand trat. Wurm hat sich durch verschiedene astronomische Untersuchungen und Rechnungen, über die Planetenmassen und Abstände, über geographische Ortsbestimmungen etc. verdient gemacht.

Yvon-Villarceau, Antoine Joseph François, geb. am 15. Januar 1813 zu Vendôme, ausgezeichneter Astronom, an der Sternwarte zu Paris thätig; seine Arbeiten umfassen hauptsächlich Bahnberechnungen von kleinen Planeten, Kometen und Doppelsternen.

Zach, Franz Xaver, Freiherr von, einer berühmtesten Astronomen seiner Zeit, geb. am 4. Juni 1754 zu Pressburg, gest. am 2. September

1832 zu Paris an der Cholera, nahm unter Liesganig an den Vermessungen in Oesterreich Theil, trat, nachdem er eine Zeit lang in London gelebt, 1786 in die Dienste des Herzogs Ernst von Sachsen-Gotha, war von 1787 bis 1806 Director der Sternwarte auf dem Seeberge bei Gotha, und lebte dann meist in Italien, zuletzt in Paris. Zach war ein ausgezeichneter Beobachter, meist aber literarisch thätig.

Zahl, goldene, s. goldene Zahl.

Zech, Julius, geb. am 24. Februar 1821 zu Stuttgart, gest. am 13. Juli 1864 zu Tübingen, war von 1845 bis 1851 Privatdocent an der Universität zu Tübingen, dann Professor am dortigen Gymnasium und zuletzt Professor der Mathematik und Astronomie an der Universität daselbst. Seine wissenschaftlichen Arbeiten erstrecken sich zum Theil auf genauere Untersuchungen der Planetenstörungen und der Sonnenfinsternisse.

Zeichen, astronomische, heissen die abgekürzten Bezeichnungsweisen, welche die Astronomen für gewisse Erscheinungen conventionell eingeführt haben. Ich gebe diese Zeichen kurz an:

Conjunction ☌, Opposition ☍, Quadratur □, Gedrittschein △.

Neumond ●, Vollmond ○, erstes Viertel ☾, letztes Viertel ☽.

Gerade Aufsteigung AR, Declination D, nördliche Declination + D, südliche Declination —D.

Grad °, Bogenminute ′, Bogensecunde ″.

Stunde h, Zeitminute m, Zeitsecunde s.

Bei den Planetenelementen bezeichnet:

M die mittlere Länge, π Länge des Perihels, ☊ Länge des aufsteigenden Knotens, i Neigung der Bahn gegen die Ekliptik, e Excentricität, φ Excentricitätswinkel, a halbe grosse Axe, μ mittlere tägliche Bewegung.

Für die grossen Planeten gelten folgende Zeichen:

Merkur ☿, Venus ♀, Erde ♁, Mars ♂, Jupiter ♃, Saturn ♄, Uranus ♅, Neptun ♆. Auch für die kleinen Planeten hat man Anfangs Zeichen eingeführt, ist aber später (und mit Recht) wieder davon abgegangen, weshalb ich hier nicht weiter darauf zurückkomme.

Die Sonne wird durch ☉, der Mond im Allgemeinen durch ☾ bezeichnet.

Die Zeichen des Thierkreises s. Thierkreis und den folgenden Artikel.

Zeichen des Thierkreises nennt man die zwölf gleichen Theile, in welche der Thierkreis und die Ekliptik eingetheilt werden, und deren Namen von benachbarten Sternbildern herrühren. Diese Eintheilung gehört bereits dem grauen Alterthum an, sie ist zu einer Zeit entstanden, in welcher der Durchschnittspunkt der Ekliptik mit dem Aequator — der Frühlingspunkt — in dem Sternbilde des Widders lag. Dieser Frühlingspunkt besitzt jedoch am Himmel keine unveränderliche Lage, er rückt vielmehr alljährlich um etwa $50^1/_3$ Secunden rückwärts oder gegen Westen, wie in dem Artikel Vorrücken der Nachtgleichen näher gezeigt ist. In Folge dieser Bewegung hat er gegenwärtig das Sternbild des Widders bereits längst verlassen und

befindet sich jetzt im Sternbilde der Fische. Vom Frühlingspunkte aus aber beginnt man die Zählung der Zeichen des Thierkreises, und der Raum von je 30°, den jedes dieser Zeichen am Himmel einnimmt, wird daher gewissermaassen vom Frühlingspunkte mit fortgezogen, und er musste also mit der Zeit auf andere Sternbilder fallen, z. B. der Raum, den das Zeichen des Widders einnimmt, in das Sternbild der Fische, der Raum, den das Zeichen des Stiers einnimmt, in das Zeichen des Widders. Man hat daher wohl zwischen den Zeichen und den Sternbildern des Thierkreises zu unterscheiden. Vergleiche Thierkreis.

Zeit bezeichnet den Begriff, den wir mit der Nacheinanderfolge der Erscheinungen und Zustände der Dinge verbinden. Man bestimmt oder misst die Zeitdauer durch die Anzahl gleichmässiger Nacheinanderfolgen oder Bewegungen, z. B. der Schwingungen eines Pendels. In der Umdrehung der Erde um ihre Axe, d. h. in dem scheinbaren Umschwunge des ganzen Himmelsgewölbes, hat uns die Natur selbst eine fixe Einheit zur Zeitmessung gegeben, und die Bemühungen der Menschen sind bloss darauf gerichtet gewesen, diese natürliche Einheit in eine genügende Anzahl von Unterabtheilungen zu bringen. Die Dauer eines Umschwungs des Himmelsgewölbes, wie sie durch zwei nacheinander folgende Rückkünfte eines und desselben Fixsterns zu dem nämlichen Theile des Meridians, bezeichnet wird, heisst Sterntag. Man theilt ihn in 24 gleich lange Theile, Sternstunden genannt, jede Sternstunde in 60 Sternminuten, jede Sternminute in 60 Sternsecunden. Der Sterntag hat also $24 \times 60 \times 60 = 86{,}400$ Sternsecunden. In dieser Zeitdauer drehen sich also sämmtliche Theile des Aequators durch den Meridian. Nimmt man einen bestimmten Punkt des Aequators zum Anfangspunkte, so wird der, seit der Culmination (s. d.) desselben durch den Meridian gegangene Bogen des Aequators, der westliche Stundenwinkel jenes Punktes genannt. Dividirt man diesen Bogen durch 15, so erhält man die Sternzeit, welche seit jenem Durchgange verflossen ist. Als Anfangspunkt der Zählung nehmen die Astronomen den Frühlingspunkt an, so dass die Sternzeit gleich dem Bogen des Aequators zwischen dem Frühlingspunkte und dem eben culminirenden Gestirne ist und zugleich des letztern Rectascension angiebt. Für die Zwecke des bürgerlichen Lebens benutzt man nicht die Sternzeit, sondern die Sonnenzeit, und zwar die sogenannte mittlere Sonnenzeit, worüber in dem Artikel Sonnenzeit das Nähere nachzusehen. Unter Sternzeit im wahren Mittage versteht man die in Zeit verwandelte Rectascension der wahren Sonne im Augenblicke ihrer Culmination, analog ist die Sternzeit im mittleren Mittage, gleich der in Zeit verwandelten Rectascension der mittlern Sonne bei deren Culmination.

Zeitbestimmung. Die Bestimmung der Zeit ist eines der Hauptgeschäfte des praktischen Astronomen. Das einfachste Mittel bietet der Gebrauch einer Sonnenuhr dar, allein die geringe Genauigkeit der auf diesem Wege zu erlangenden Resultate macht die Benutzung derselben wenigstens für den Astronomen unmöglich. Gegenwärtig controllirt

der Astronom den Gang und die Angaben seiner Uhr durch Beobachtungen der Durchgänge von, ihrem Orte nach wohlbestimmten Sternen, durch den Meridian, am Passageninstrumente. Die Beobachtung der Durchgänge eines Fixsterns hinter den verticalen Fäden des Instruments giebt die Uhrzeit der Culmination, und indem man diese mit der berechneten Zeit des Meridiandurchgangs vergleicht, erhält man sofort den Fehler der Uhr. Selbstredend muss das Passageninstrument in seinen einzelnen Theilen berichtigt und genau im Meridian aufgestellt sein.

Hat man kein Passageninstrument im Besitz, so kann natürlich die oben angegebene Methode der Zeitbestimmung nicht angewandt werden. Olbers hat jedoch für diesen Fall auf ein Verfahren hingewiesen, das geeignet ist, sehr befriedigende Resultate zu liefern. Beobachtet man nämlich das Verschwinden eines Fixsterns hinter einem entfernten terrestrischen Objecte, z. B. einem Thurme, einem Blitzableiter, so wird dieser Stern, wenn das Fernrohr, mittels dessen man sein Verschwinden beobachtet, wieder in dieselbe Lage gebracht wird, jeden Tag zu derselben Sternzeit hinter das betreffende Object treten. Man kann aber dem Fernrohre sehr leicht stets nahe dieselbe Lage geben, wenn man z. B. seinen Stand auf einer Fensterbank oder auf dem Boden durch einen Strich bezeichnet. Kennt man nun die Correction der Uhr für einen Beobachtungstag, entweder aus correspondirenden Höhen oder durch Vergleichung mit der Uhr einer Sternwarte, so kennt man gleichzeitig die (mittlere oder Stern-) Zeit des Verschwindens des fraglichen Fixsterns für diesen Tag und kann daraus die Zeit für die übrigen Tage leicht ableiten. So beobachtet z. B. Olbers das Verschwinden von δ Coronae am 6. September 1800 um $11^h\ 14^m\ 20{,}7^s$ mittlere Zeit von Bremen, während die Correction der Uhr (durch correspondirendirende Höhe bestimmt) $+ 8^m\ 57{,}6^s$ war. Der Stern verschwand also um $11^h\ 23^m\ 18{,}3$ mittlere Zeit. Am 12. September verschwand er um $10^h\ 49^m\ 21^s$. Da die Acceleration der Fixsterne in 6 Tagen $23^m\ 55{,}4^s$ beträgt, so war an jenem Tage die mittlere Zeit seines Verschwindens: $11^h\ 23^m\ 18{,}3^s - 23^m\ 55{,}4^s = 10^h\ 59^m\ 42{,}9^s$, die Uhr zeigte $10^h\ 49^m\ 21^s$, die Correction gegen mittlere Zeit betrug also $+ 10^m\ 21{,}9^s$. Ueber die Zeitbestimmung aus correspondirenden Höhen s. d. Artikel.

Wenn die Polhöhe φ des Beobachtungsortes und die scheinbare Poldistanz p des Sternes, den man beobachtet, bekannt sind, so kann man die Zeit auch aus einer einzigen Höhe desselben besimmen. Nennt man nämlich die beobachtete und um die Refraction vermehrte Zenithdistanz z, den Stundenwinkel s, so ist:

$$s = \frac{\cos z - \sin \varphi \cos p}{\cos \varphi \sin p}.$$

Addirt man zu s die scheinbare Rectascension des Sternes, so hat man sofort die gesuchte Sternzeit der Beobachtung. Beobachtet man die Sonne, so giebt $\frac{s}{15}$ unmittelbar die wahre Zeit der Beobachtung.

Bei der Sonne hat man von dem wegen der Refraction bereits corrigirten Werthe von z noch die Höhenparallaxe zu subtrahiren, sowie den Halbmesser der Sonne dazu zu addiren, wenn der obere Sonnenrand beobachtet wurde, andernfalls aber dieselbe Grösse zu subtrahiren.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Bestimmung der Zeit dem Seefahrer, da er derselben bedarf, um seine geographische Länge kennen zu lernen, worüber der Artikel Länge, geographische, zu vergleichen.

Zeitgleichung wird der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Sonnenzeit genannt, ausgedrückt in Theilen der mittlern Zeit. Die wahre Sonne ist wegen ihrer ungleichförmigen Bewegung in der Ekliptik sowohl wie mit Bezug auf den Aequator zur Zeitbestimmung nicht tauglich, weil die Zeit nur durch gleichförmige Bewegung gemessen werden kann. Man denkt sich daher eine mittlere Sonne, welche sich gleichförmig in der Ebene der Ekliptik bewegt und mit der wahren Sonne zugleich durch die Endpunkte der Absidenlinie geht; ausserdem denkt man sich noch eine mittlere Sonne, die sich aber in der Ebene des Aequators bewegt und mit jener ersten mittlern Sonne stets gleichzeitig durch die beiden Aequinoctialpunkte geht. Die Rectascension dieser zweiten mittlern Sonne wird nun offenbar immer gleich der Länge der ersten sein, und der Punkt des Aequators, in welchem sich die zweite mittlere Sonne befindet, bestimmt den Stundenwinkel der mittlern Sonnenzeit. Die Rectascension der wahren Sonne aber giebt den Stundenwinkel der wahren Sonnenzeit. Tycho war der Erste, der den von der Schiefe der Ekliptik herrührenden Theil der Zeitgleichung bei seinen Beobachtungen praktisch berücksichtigte.

Kepler war der Erste, der den aus der elliptischen Form der Erdbahn entstehenden Theil 1627 in seinen Rudolfinischen Tafeln in Anwendung brachte. Die heute üblichen Methoden zur Berechnung der Zeitgleichung lieferte Flamsteed.

Die nachstehende Tafel zeigt die mittlere Zeit im wahren Mittage, also den Einfluss der Zeitgleichung von 5 zu 5 Tagen, d. h. sie giebt an, was eine nach mittlerer Zeit richtig gehende Uhr in dem Momente zeigen muss, wo eine Sonnenuhr 12 Uhr zeigt.

Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.	Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.	Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr Min.
Jan. 1	12 3,8	Febr. 5	12 14,3	März 2	12 12,4
6	12 6,1	10	12 14,5	7	12 11,3
11	12 8,2	15	12 14,4	12	12 10,0
16	12 10,1	20	12 14,0	17	12 8,5
21	12 11,6	25	12 13,3	22	12 7,1
26	12 12,9			27	12 5,5
31	12 13,7				

Zeit.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.	Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.	Tag.	Mittlere Zeit im wahren Mittag. Uhr. Min.
April 1	12 4,0	Juli 5	12 4,2	Oct. 3	11 49,1
6	12 2,5	10	12 5,0	8	11 47,6
11	12 1,1	15	12 5,6	13	11 46,3
16	11 59,8	20	12 6,0	18	11 45,3
21	11 58,7	25	12 6,2	23	11 44,4
26	11 57,7	30	12 6,1	28	11 43,9
Mai 1	11 57,0	Aug. 4	12 5,8	Nov. 2	11 43,7
6	11 56,4	9	12 5,3	7	11 43,8
11	11 56,1	14	12 4,5	12	11 44,3
16	11 56,1	19	12 3,4	17	11 45,1
21	11 56,3	24	12 2,2	22	11 46,3
26	11 56,7	29	12 0,8	27	11 47,8
31	11 57,3			Dec. 2	11 49,6
Juni 5	11 58,1	Sept. 3	11 59,3	7	11 51,6
10	11 59.0	8	11 57,6	12	11 53.9
15	12 0,1	13	11 55,9	17	11 56,3
20	12 1,1	18	11 54,1	22	11 58,8
25	12 2,2	23	11 52,4	27	12 1,3
30	12 3,2	28	11 50,7	31	12 3,2

Zenith, Scheitelpunkt, nennt man denjenigen Punkt des Himmelsgewölbes, auf welchen die verlängerte Richtung der Schwere treffen würde; er ist derjenige Punkt, der senkrecht über dem Scheitel des Beobachters sich befindet. Der Scheitelpunkt ist von allen Punkten des Horizonts 90^0 entfernt, kann also als Pol des Horizonts betrachtet werden, und alle durch das Zenith gehenden grössten Kreise stehen senkrecht auf jenem. Diese Kreise heissen Zenithkreise oder Verticalkreise. Jeder Ort der Erde hat natürlich sein eignes Zenith, dessen Richtung mit Hülfe des Bleiloths oder der Libelle gefunden wird.

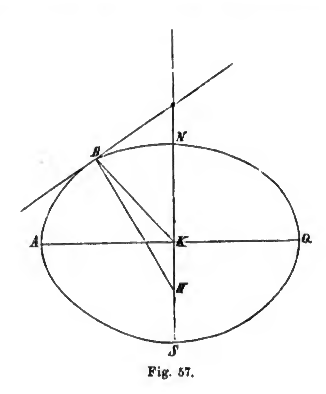


Fig. 57.

Die Senkrechte nach dem Zenith eines Beobachters bezeichnet auf der Kugel den verlängerten Radius; auf der sphäroidalen Erde liegt diese Verticale indess keineswegs stets im verlängerten Radius, sondern vielmehr in der Normale des Punktes, den der Beobachter eben ein-

nimmt. Man muss daher wohl zwischen scheinbarem und geocentrischem Zenith unterscheiden; ersteres wird durch die Richtung der Schwere, letzteres durch den verlängerten Erdradius bestimmt. Der Winkel zwischen dem Himmelsäquator und dem scheinbaren Zenith heisst die geographische Breite, der Winkel zwischen dem Himmelsäquator und dem geocentrischen Zenith wird verbesserte Breite genannt. Bezeichnet in nebenstehender Figur 57 ANQS einen Durchschnitt der sphäroidalen Erde, so ist BH die Normale des Ortes B, BK aber der Erdradius, ∡ BJA ist die scheinbare Polhöhe, BKA die wahre.

Zenithabstand eines Sternes nennt man den Bogen des Höhenkreises eines Sternes, um welchen dieser letztere vom Scheitelpunkte absteht. Zenithdistanz und Höhe eines Sternes ergänzen sich stets zu 90°.

Zenithsector heisst ein astronomisches Winkelmessinstrument, das nur Winkel von wenigen Graden zu messen gestattet, indem die Winkeleintheilung (der Limbus) nur einen kleinen Theil des ganzen Kreisumfanges umfasst. Derartige Instrumente erweisen sich zur Messung von Zenithabständen besonders vortheilhaft, daher auch der Name. Picard scheint der Erste gewesen zu sein, der sich zu seinen Messungen eines Zenithsectors bediente; die schönsten Früchte aber trug der Graham'sche Sector, mittels dessen Bradley die Aberration und Nutation entdeckte. Dieses herrliche Instrument hat noch 1838 gedient, um mittels desselben die Zenithdistanzen bei der Maclear-schen Gradmessung am Cap zu bestimmen. Der wahrscheinliche Fehler einer Beobachtung mittels dieses colossalen Sectors fand sich im Mittel zu 0,456″.

Zodiacallicht, s. Thierkreislicht.

Zodiacus, s. Thierkreis.

Zöllner, Johann Karl Friedrich, geb. am 8. November 1834 zu Berlin, Anfangs Privatgelehrter, seit 1862 an der Leipziger Sternwarte thätig, um die Photometrie des Himmels hoch verdient durch die Construction seines neuen Photometers und die Messungen, welche er mittels desselben anstellte. In neuester Zeit hat Z. wichtige Spectralbeobachtungen mittels eines neuen Spectroskops angestellt.

Zonen, s. Erdstriche und Erde.

Zurückwerfung der Lichtstrahlen, Reflexion des Lichtes, wird die Veränderung genannt, welche die Richtung des Lichtstrahles erleidet, wenn derselbe die Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers trifft. Bei einer ebenen Oberfläche werden die Strahlen in derselben Ordnung, in welcher sie auffielen, zurückgeworfen, und das Auge erblickt das Bild des leuchtenden Gegenstandes, bei einer unebenen Oberfläche werden die Strahlen nach so vielen Richtungen reflectirt, dass das Auge kein Bild des Gegenstandes erkennen kann. Ist ab in umstehender Figur 58 eine ebene Fläche, fc ein Lichtstrahl, der dieselbe in c trifft, so wird dieser in der Richtung ce der Art reflectirt, dass

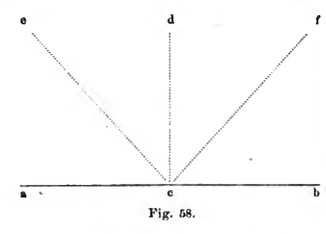


Fig. 58.

$\measuredangle$ dcf = $\measuredangle$ dce. Man nennt die Senkrechte cd in c das Einfallsloth, den Winkel fcd den Einfallswinkel, und den Winkel dce den Reflectionswinkel. Der Reflectionswinkel ist also gleich dem Einfallswinkel und liegt mit diesem in derselben Ebene, aber auf der andernSeite des Einfallslothes. Fällt ein Strahl senkrecht auf, so wird er in sich selbst zurückgeworfen. Vergleiche die Artikel Brechung, Spiegeltelescop etc.

Zusammenkünfte der Planeten, s. Aspecten.

Zusammensetzung der Kräfte und Bewegungen, s. Bewegung

Zweischattige werden bisweilen die Bewohner der heissen Zone genannt, weil ihr Schatten im Mittage bald nordwärts, bald südwärts vällt, da sie die Sonne im Jahre periodisch südwärts und nordwärts fon ihrem Scheitelpunkte culminiren sehen.



Berichtigungen.

Seite 60, Zeile 8, 12 und 13 von oben, lies Ferro statt Greenwich.
„ 75, „ 8 von unten, lies 19×a statt 19×.
„ 101, „ 1 von oben, lies Leverrier statt Laverrier.
„ 189, „ 17 von oben, lies Madualin statt Mandualin.
„ 363, Neptun siehe unter Störungen Seite 445.

Druck von Franz Krüger in Berlin.

